
1 Internetworking

1.1 Jaké jsou důvody pro internetworking?

Internetworking je „vzájemné propojování celých sítí i jednotlivých kabelových segmentů“.

Jeho důvody jsou: zpřístupnění vzdálených zdrojů (FTP, WWW, využití výpočetní kapacity vzdáleného stroje), zvětšení dosahu poskytovaných služeb (elektronická pošta, internetové telefonování, skupinová diskuse...), regulace přístupnosti, ochrana před viry a útoky.

Síťový efekt je popsán Metcalfovým zákonem (užitek sítě roste se čtvercem počtu jejích uživatelů).

Dříve se kladl důraz na překonávání technických problémů (dosah kabelového segmentu, počet uzlů, které je možno ke kabelu připojit).

Nyní se klade důraz spíše na optimalizaci fungování sítě (regulace toku dat, zabránění zbytečnému šíření provozu). Pro tyto účely se implementují různé techniky (směrování, peering...).

Některé druhy kabeláže (kroucené dvoulinky a optická vlákna) lze používat jen jako dvoubodové spoje => rozbočování musí být prováděno elektronicky.

1.2 Charakterizujte opakovač, most, přepínač, směrovač a bránu, popište rozdíly mezi nimi.

Jsou to propojovací zařízení rozdělená podle vrstvy, na které pracují, a podle způsobu jejich práce.

Opakovač (repeater) pracuje na fyzické vrstvě (tedy pracuje pouze s bity) a síťový celek jím propojený se nazývá segment. Jeho jedinou úlohou je opakování signálu (nerozhoduje se, kam signál pošle, jen se snaží zregenerovat signál poničený špatnými vlastnostmi přenosových cest a pak ho pošle dál do všech směrů).

Přepínač (switch) a most (bridge) jsou zařízení pracující na úrovni linkové vrstvy. Uzly a segmenty propojené na této úrovni se chovají, jako by byly propojené každý s každým. Přepínač a most vytvářejí síť a nejsou pro koncové uzly viditelnými. Odchyťávají celé rámce a reagují na adresy příjemce a odesílatele - nešíří signál do celé sítě, ale jen do potřebných částí.

Směrovač (router) funguje na vrstvě síťové. Propojuje sítě mezi sebou (vzniká internet) a funguje jako křižovatka pro pakety. Jsou viditelné pro ostatní uzly a ty s nimi počítají. Podle síťové adresy je sice paket poslán koncovému příjemci, ale ve skutečnosti je na úrovni linkové vrstvy odeslán směrem k nejbližšímu směrovači, přes který bude paket putovat do cílové sítě.

Brána (gateway) pracuje v aplikační vrstvě. Rozhoduje se o dalším postupu podle přenášených dat.

1.3 Charakterizujte rozbočovač, L3 switch, L4 switch a L7 switch, popište rozdíly mezi nimi.

Rozbočovačem (hub-em) obecně nazveme aktivní propojovací zařízení. Nemá určeno, na jaké vrstvě pracuje. Může tedy pracovat jako opakovač, most nebo i směrovač. Funkci mu určíme tím, jaké moduly do něj nainstalujeme.

L3 switch funguje jako směrovač, tedy se rozhoduje podle síťových adres, nicméně díky optimalizaci (rozhodování o směru se zadržuje) může fungovat stejně rychle jako přepínač.

L4 switch je také směrovač, který se ale rozhoduje jak podle síťových adres, tak podle čísel portů. Tím může rozpoznat o jakou službu se jedná a směrovat ji např. na server touto službou méně

vytížený.

L7 switch je směrovač fungující na aplikační úrovni - tedy brána. To znamená, že se rozhoduje podle obsahu přenášených dat.

1.4 Charakterizujte obecné vlastnosti opakovačů, jejich přednosti a nevýhody.

Opakovač je zařízení propojující kabelové úseky (kroucené dvoulinky, optická vlákna, koaxiální kabely...). Pracuje na úrovni fyzické vrstvy a tedy se stará jen o přenos jednotlivých bitů, které nijak nerozlišuje. Tyto bity se snaží opravit (cestou po kabelu může být signál deformovaný) a pak je vysílá na všechny strany, ke kterým je připojen.

Výhody: funguje v reálném čase (až na malé zpoždění dané vnitřní elektronikou), není omezen počet připojených segmentů.

Nevýhody: signál šíří do všech stran (plývá kapacitou přenosových cest), může propojovat jen segmenty se stejnou přenosovou rychlostí.

1.5 Opakovače v 10 Mbps Ethernetu.

Metoda CSMA/CD u 10 Mbps Ethernetu vyžaduje, aby se kolize rozšířila do všech konců, kterým je třeba kolizi propagovat, nejdéle v určeném čase (51,2 μ s). Z toho vyplývá, že může být jen omezený počet opakovačů připojených vedle sebe (resp. neoddělených obydlím segmentem), přesněji je zde stanoveno pravidlo 5-4-3 (5 segmentů, 4 opakovače, 3 obydlené segmenty). Za sebou nesmí být více než 2 opakovače. Celek segmentů propojených opakovači se nazývá „kolizní doména“ a je ohraničen propojovacími zařízeními fungujícími výše než na fyzické vrstvě (mosty, směrovače...).

1.6 Charakterizujte výhody a nevýhody propojení na linkové vrstvě, včetně vlivu broadcastu a kolizí.

Výhody: bufferování umožňuje odchyťávat adresy a tedy odesílat signál přímo určeným směrem, není nutné propagovat přes přepínač či most **kolize** (opět díky bufferování) a zastavuje se zde i pravidlo o počtu přepínačů (nepropaguje se přes tento uzel), na jednom uzlu může probíhat více souběžných přenosů (pokud se nekříží a pokud to umožňují parametry zařízení), může propojovat zařízení s různými přenosovými rychlostmi.

Nevýhody: zařízení nemůže fungovat v reálném čase, musí znát své sousedy (aby vědělo, kam má signál posílat; musí si i hlídat, přes který směrovač je nejlepší komunikovat s uzlem z jiné sítě), **broadcast** se musí šířit do všech směrů (zastaví se až na směrovačích), zařízení musí zkoumat obsah každého průchozího rámce, forwarduje všechny rámce nepatřící jemu (dokonce i pro neexistující příjemce), nedokáže omezit přístup.

1.7 Jak funguje propojení na úrovni linkové vrstvy (forwarding, filtering, viditelnost uzlů)?

Forwarding: cílené předávání (propojovací uzel rozpozná, kam má co odeslat a tím směrem to také odešle; nezahluje ostatní směry).

Filtering: filtrování (propojovací uzel pozná, co není potřeba dále šířit a také to nedělá; „lokalizuje“ komunikaci).

Viditelnost: Propojovací uzel na úrovni linkové vrstvy není viditelný pro ostatní zařízení, ale odchyťává veškerou komunikaci, která se k němu dostane (promiskuitní režim). V důsledku to znamená, že si koncové uzly myslí, že jsou propojeni každý s každým.

1.8 Princip zpětného učení - jak funguje, kde se používá, jaké jsou překážky pro jeho fungování?

Protože mosty a přepínače musí znát topologii svého nejbližšího okolí ohraničeného směrovači, musí nějak přijít na to, která cesta vede ke kterému uzlu nejrychleji. K tomu se využívá principu zpětného učení.

Na začátku funguje přepínač jako opakovač - neví co kam poslat, tak to pošle všem (tento postup není příliš efektivní, ale čím je větší provoz, tím dříve skončí). Postupně zjišťuje, ve kterém směru leží který uzel tím, že si zapamatuje, z kterého směru přišel rámec od tohoto uzlu. Následně posílá rámce pro určený uzel jen v tom směru, který byl předtím využit pro příjem rámce od tohoto uzlu.

Překážkou jsou cykly (pokud vede více cest mezi dvěma uzly přes různé přepínače). Inteligentní mosty a přepínače se dokáží v takové situaci domluvit (aplikace algoritmu nalezení kostry grafu).

1.9 Source routing - jak funguje, kde se používá?

Source routing je technika na úrovni linkové vrstvy používaná v sítích Token Ring pro určení nejkratší cesty z uzlu A do uzlu B (tak jako se v sítích Ethernet používá princip zpětného učení). Její podstata spočívá v tom, že před odesláním paketu (resp. paketů) vyšle uzel A do sítě „průzkumný“ paket, který se šíří lavinově a postupně si každý jeho klon (na každém rozcestí se vytvoří tolik klonů, kolik je odchozích směrů) pamatuje cestu, kterou absolvoval. Když průzkumník dorazí do cílového uzlu B, vrátí se zpět svou cestou a „poví“ o ní uzlu A. Ten pak pošle rámec včetně „itineráře“ (tedy seznam uzlů, kterými má projít). Tento směrovací itinerář sestavuje zdrojový uzel (source), odtud „Source routing“.

Tato technika není příliš šetrná k přenosové kapacitě, ale nalezne skutečně nejkratší cestu. Problémem by mohla být nízká adaptabilita po nalezení počátečního směru.

2 Internetworking II

2.1 Vyhrazená a sdílená přenosová kapacita v LAN - charakterizujte rozdíl mezi nimi, naznačte způsob dosažení vyhrazené kapacity.

Protože opakovač šíří veškerý provoz do všech směrů, mají všechny uzly propojené opakovači sdílenou přenosovou kapacitu.

Most a přepínač dokáží lokalizovat provoz v různých připojených větvích, tedy má každá větev pro sebe vyhrazenou přenosovou kapacitu (v ideálním případě).

Vyhrazené kapacity je možno dosáhnout hrubou silou - zvýšením nominální přenosové rychlosti (nelze dělat do nekonečna). Další možností je segmentace. Kolizní doménu rozdělíme na dva segmenty - využijeme lokalizace provozu a propojíme je pomocí inteligentnějšího zařízení (most/přepínač).

2.2 Jaký je rozdíl mezi mostem (bridge) a přepínačem (switch)?

Jsou to zařízení pracující na úrovni linkové vrstvy zajišťující forwarding a filtering.

Most (bridge) je starší typ zařízení, který má spíše méně portů pro připojení segmentů a není u něj kladen důraz na rychlost forwardingu. Vnitřní fungování je často řešeno programově.

Přepínač (switch) je novější typ než most a má oproti němu typicky více portů. Je optimalizován na výkonost a propustnost, proto je u něj přepojování typicky realizováno hardwarově (šité na míru konkrétním potřebám). Přináší efekt vyhrazené přenosové kapacity.

2.3 K čemu slouží a jak funguje segmentace (a mikrosegmentace) v LAN?

Segmentace slouží ke zvýšení propustnosti sítě. Je zde snaha o minimalizaci lokálního provozu. Pokud rozdělíme segment, rozdělí se i kolizní doména (a tím pádem zmenší), a tedy může více uzlů komunikovat v jednom čase.

Mikrosegmentace je vlastně konečná segmentace (víc už dělit nejde). Jedná se o situaci, kdy každý uzel je pouze ve vlastní kolizní doméně a všechny tyto uzly jsou propojeny přepínačem. Neexistuje tu tedy žádný lokální provoz, každý uzel má svou vyhrazenou kapacitu. Toto řešení klade vysoké nároky na přepínač, musí totiž forwardovat úplně všechno.

2.4 Jaké jsou možnosti pro zvyšování propustnosti sítí LAN? (včetně izolace serverů)

Hrubou silou - jen zvýšíme přenosovou kapacitu; pak stačí propojení pomocí opakovačů; nelze dělat příliš dlouho.

Segmentací - rozdělíme segmenty na menší části a propojíme mostem nebo přepínačem; zmenšujeme lokální provoz a nabízíme uzlům či menším segmentům vyhrazenou přenosovou kapacitu; můžeme provést i mikrosegmentaci.

Izolace serverů - nejvytíženější uzly (to bývají servery) připojíme k přepínači na principu mikrosegmentace, ale méně vytížené uzly (koncové stanice) shlukujeme do vhodně velkých segmentů, které pak také připojíme; protože jsou porty přepínače drahé, nebudeme jimi plýtvat pro uzly, které je nevyužijí; efekt lze zvýšit použitím přepínačů s různými rychlostmi na portech.

Hierarchické členění - soustavu segmentů rozdělíme na sítě (uvnitř propojené přepínači) a ty pak spojíme směrovačem; tento postup je snahou o využití pravidla 80:20 (80% provozu je uvnitř LAN, 20% jde ven ze sítě); dnes již toto pravidlo neplatí (masivně se využívá internet - cloud...).

2.5 Rozdíl mezi technikami store&forward a cut-through u přepínačů, jeho důsledky.

Store&Forward = technika fungování přepínače, při které přepínač bufferuje celý rámec a následně se rozhoduje co s ním.

=> větší zpoždění (latenci), přepínač může mít porty pracující na různých rychlostech

Cut-through = technika, při které přepínač načte pouze hlavičku, hned se rozhodne a zbytek rámce posílá rovnou bez bufferování.

=> má nižší zpoždění, přepínač musí mít všechny porty pracující na stejné rychlosti

2.6 Nevýhody a omezení přepínačů.

Musí číst a zkoumat všechny rámce.

Musí šířit broadcast (všesměrové vysílání). Celek propojený na úrovni linkové vrstvy (přepínače, mosty) se nazývá broadcast doména.

Vše co není pro přepínač lokální, musí forwardovat, přestože příjemce nemusí existovat.

Neumožňují vytvářet cykly v propojení uzlů (redundantní cesty).

Celek jimi propojený je pouze plochá síť.

Neumožňují aplikovat přístupová omezení.

2.7 Broadcast storm - o co jde, jak vzniká a jak lze řešit a předcházet?

Broadcast storm je situace, při které si přepínače nekontrolovaně posílají rámce, které se následně šíří jako lavina do všech směrů. Často vede až k zahlcení dostupné kapacity.

Bývá způsobena závadou na jednom nebo více zařízeních nebo neošetřeným cyklem na úrovni linkové vrstvy.

Můžeme jí předcházet použitím lepších přepínačů (umí se vypořádat s cykly) nebo zmenšením přepínaných celků (oddělíme je směrovači).

2.8 Pravidlo 80:20 a jeho platnost v současných sítích LAN.

Je to pravidlo, které bylo vypořádáno ze způsobu využívání sítí. Říká, že 80% provozu probíhá uvnitř sítě LAN a zbylých 20% připadá na komunikaci uzlů této sítě s okolím. Toto pravidlo se využívá při zvyšování propustnosti sítě (místní síť je od páteřní sítě oddělena směrovačem).

V dnešní době toto pravidlo velmi často neplatí, protože se více využívá vzdálených služeb (na Internetu - hostované aplikace, cloud...) a tedy se z místních sítí daleko častěji přistupuje do okolního světa.

2.9 Sítě VLAN - jejich podstata, smysl a využití.

VLAN (Virtual Local Area Network) je místní síť kde „místní“ není ve vztahu k fyzickým dispozicím (poloha), ale k logice propojení. Skrze fyzicky propojené síť je vytvořena virtuální síť shromažďující uzly, které by spolu měly být propojeny v rámci nějaké logiky (pracovní skupina). Tyto síť tvoří vlastní broadcast doménu. Využívá se hlavně ve větších firmách, které mají pobočky fyzicky daleko od sebe, nebo když se pracovník na cestách potřebuje připojit do firemní místní sítě.

2.10 Sítě VLAN - jejich implementace.

VLAN musí být rozpoznávány na úrovni linkové vrstvy, aby přepínače věděly, kam mají šířit broadcast. Přepínač pozná pro kterou VLAN je rámec určen buď podle linkové adresy („individuálně“) nebo podle nálepky, kterou je opatřen linkový rámec („tagging“). Použití nálepky je preferováno standardem IEEE 802.1Q.

VLAN může být implementována jako „port VLAN“ (všechny uzly jedné VLAN jsou připojeny ke stejnému portu přepínače), „static VLAN“ (příslušnost do VLAN je pevně nastavena v přepínačích a je určena kombinací portu, linkové adresy a síťového protokolu) nebo „dynamic VLAN“ (nezávislá na portu, určená linkovou adresou a síťovým protokolem).

2.11 Jak funguje distribuované směrování v LAN?

Protože jsou VLAN drahé, byla vytvořena alternativa - tzv. multilayer switchig. Tato technika využívá spojení mostu/přepínače a směrovače. To znamená, že každý propojovací uzel se může chovat jak jako přepínač, tak jako směrovač, a proto je tu větší variabilita při přidělování uzlů do jednotlivých sítí. Nevýhodou je to, že směrovací informace se musí vyskytovat na mnoha místech.

Jako vylepšení distribuovaného směrování byla vytvořena myšlenka „route serverů“. Směrovací informace budou shromážděny na jednom route serveru a pokud si multilayer switch (v této situaci edge switch - okrajové propojovací zařízení) nebude vědět rady, zeptá se route serveru.

2.12 Charakterizujte L3 switching. V čem se liší od směrování?

Je to situace využívající L3 switchů - zařízení, která fungují jako směrovače (na 3. vrstvě), ale kvůli zvýšení rychlosti je směrování „zadrátováno“ na HW úrovni, a tak mohou fungovat srovnatelně rychle jako přepínače. Toto zařízení vychází vstříc potřebě většího provozu přes směrovač (tím je dle, dnes již neplatícího, pravidla 80:20 oddělena místní síť od okolního světa).

2.13 Charakterizujte L4 a L7 switching. K čemu slouží a jak funguje?

L4 switching využívá L4 switch, což je zařízení optimalizované na rychlost pracující jako L3 switch (vylepšený směrovač), ale ke své práci využívá i informace ze 4. vrstvy (např. číslo portu => typ služby). Díky většímu množství informací může například posílat požadavek na méně vytížený server, který je schopen tento požadavek vyřídit (load balancing).

L7 switching využívá i informace určené aplikační vrstvě. Takže při load balancingu respektuje relace klienta vůči serveru, umožňuje realizaci farmy WWW serverů, clusterů, distribuci obsahu.

2.14 Jaké jsou možnosti propojování různých segmentů na úrovni linkové vrstvy (např. Ethernetu a Token Ringu)?

Propojení se standardně provádí pomocí směrovačů. Opakovače jsou nevhodné (různé přenosové rychlosti atd.) a přepínače nelze použít vždy (rozdílná povaha informací o topologii, rozdílná maximální velikost rámce...). Při průchodu směrovačem se síťový paket vybalí z jednoho typu linkového rámce při vstupu a na výstupu je zase zabalen do nového typu rámce. O nežádoucí fragmentaci (způsobenou rozdílnou maximální velikostí rámců) se postará IP protokol.

2.15 K čemu slouží brouter a technika tunelování?

Rozdílné segmenty nelze propojit pomocí mostů/přepínačů, protože zde můžou nastat problémy způsobené rozdílnou povahou informací o topologii, rozdílnou maximální velikostí rámce atd.

Tento problém se řeší buď nasazením techniky tunelování (rámec, resp. paket, se „zabalí“ do rámce, resp. paketu, který je schopen projít problémovou sítí a na druhé straně se zase vybalí) nebo pomocí takzvaného brouteru (kombinace směrovače a mostu - pokud ví jak směrovat, směruje; jinak se chová jako most).

3 Ethernet

3.1 Jaký je rozdíl mezi DIX Ethernetem a IEEE 802.3? V čem se tento rozdíl projevuje ještě dnes?

DIX Ethernet je původní Ethernet vyvinutý firmami DEC, Intel a Xerox. Byl předán 1980 ke standardizaci a dále se pak nevyvíjel. Označován také jako Ethernet II.

IEEE 802.3 je standardizovaná (ale trochu pozměněná) verze DIX Ethernetu. Prochází vývojem nadále pod názvem CSMA/CD. Ethernet je dnes pouze neformální označení.

3.2 Ethernetové adresy, jejich vnitřní struktura, EUI-48 a EUI-64.

V Ethernetu se používají 48-bitové adresy (tzv. MAC adresy), přičemž každé ethernetové rozhraní by mělo mít celosvětově unikátní adresu. Výrobci zařízení dostávají přidělené bloky adres (identifikátor OUI = 3 nejvyšší byty adresy), v kterých si pak určují konkrétní adresy sami.

EUI-48 = 48-bitová adresa, kde 24 bitů připadá na OUI a zbylých 24 na sériové číslo zařízení (určuje výrobce).

EUI-64 = 64-bitová adresa, kde 24 bitů připadá na OUI a zbylých 40 na sériové číslo zařízení. Byla vytvořena za účelem oddálení hrozícího vyčerpání adresového prostoru. S jejím použitím se počítá pod IPv6.

3.3 Struktura ethernetových rámců a jejich varianty.

Rozlišujeme rámce na vrstvě LLC (vyšší) a MAC (nižší). MAC musí definovat příjemce, odesílatele a typ obsahu. Na konci rámce se nachází kontrolní součet. Druhy ethernetových rámců se liší ve struktuře.

Ethernet II - Hlavička obsahuje příjemce, odesílatele a typ obsahu. Následuje obsah.

IEEE 802.3 + 802.2 - Hlavička obsahuje příjemce, odesílatele a délku paketu. Následuje obsah ve formě LLC rámce.

802.3 SNAP - Byty na pozici 15 a 16 jsou nastaveny na AAAAH kvůli odlišení od ostatních druhů. Hlavička obsahuje ještě další údaje.

„raw” 802.3 - Byty na pozici 15 a 16 jsou nastaveny na FFFFH kvůli odlišení. Tento typ používala firma Novell.

Různé varianty rámců jsou od sebe odlišitelné a tedy mohou koexistovat na jednom přenosovém médiu. Dnes se nejvíce používá IEEE 802.3 + 802.2.

3.4 Ethernet ve verzi 10Base5 - vlastnosti, kabeláž, výhody a nevýhody.

Jedná se o model Ethernetu, kde hlavním prvkem je tlustý koaxiální kabel. Na jeho konci je terminátor, který zabrání zpětnému odrazu signálu. Na něj jsou pak napojovány tzv. drop kabely, které fungují jako odbočky k jednotlivým uzlům. Drop kabely se na koaxiál buď napojily přes transceiver (koaxiál se rozpojil a znovu spojil, na spoj byl napojen drop kabel) a nebo se koaxiál „nabodnul” nožovým konektorem.

Použití tlustého kabelu bylo obtížné (špatná ohebnost a manipulace při instalaci, vysoká cena).

10Base5 je zkratka vycházející z parametrů: 10 = 10 Mbps; Base = base band (přenos v základním pásmu); 5 = maximální délka souvislého kabelového segmentu (vyjma drop kabelů) 500 metrů

3.5 Ethernet ve verzi 10Base2 - vlastnosti, kabeláž, výhody a nevýhody.

Toto označení nese model Ethernetu, kde jsou jednotlivé uzly propojeny tenkým koaxiálním kabelem, který je připojen na síťovou kartu. Kabel vlastně vede z jednoho terminátoru do konektoru tvaru T. Odtud je jeden výstup přímo připojen k síťové kartě uzlu a druhý k dalšímu kabelu, který vede do dalšího uzlu (T konektor) nebo do koncového terminátoru. Maximální délka je 185 metrů (v označení zaokrouhleno na 200).

Tenký koaxiální kabel je ohebnější a levnější než tlustý.

3.6 Důsledky koaxiální kabeláže a kroucené dvoulinky na Ethernet a jeho topologii, přednosti a nevýhody.

Koaxiální kabeláž byla nešikovná pokud došlo k závadě na kabelu. Byl tím vyřazen celý segment. Detekce poruchy byla možná pouze vzhledem k segmentu, nešlo detekovat konkrétní úsek závadné kabeláže (pouze s použitím speciálních přístrojů).

Kroucená dvoulinka dovoluje jen jednouzlové segmenty, tím pádem vzniká stromovitá topologie. Detekovat závadu sice lze také jen na celý segment, ale v této topologii se jedná o jediný uzel.

3.7 Princip strukturované kabeláže, systém EAD.

Jde o systematické a univerzální prokabelování lokalit v daném objektu. Provádí se se stromovitou strukturou, kde v listech se nacházejí „účastnické zásuvky“. Do těchto zásuvek se mohou připojovat koncové stanice.

Vnitřní uzly jsou rozbočovače, do nichž se můžou instalovat aktivní prvky (opakovače, prepínače, směrovače, ...).

EAD je varianta rozvodů na tenkém koaxiálním kabelu. Umožňuje budovat strukturované rozvody a dynamicky se k nim připojovat (nebo odpojovat).

3.8 Ethernet ve verzi 10BaseT - vlastnosti, kabeláž, výhody a nevýhody.

Verze Ethernetu, která předpokládá použití kroucené nestíněné dvoulinky (T = twisted pair). Dosah kabeláže je 100 metrů. Tato varianta byla vytvořena kvůli snaze využít staré telefonní rozvody. Na tomto typu kabeláže není možné dělat odbočky. Struktura se staví pomocí rozbočovačů, který přiřazujeme funkce (opakovač, prepínač, směrovač, ...).

4 Ethernet II

4.1 Historie stomegabitového Ethernetu, verze se změnami a beze změn.

Snahy o zrychlení Ethernetu se ubíraly dvěma směry: se změnami a beze změn.

Ethernet se změnami (propagovaly firmy Hewlett Packard, IBM, ...) je založen na tom, že některé dobré věci z původního Ethernetu je třeba zachovat, ale jiné (např. nedeterministický charakter) chtěly změnit. Tento návrh počítal se změnou přístupové metody. To byl nakonec důvod, proč IEEE odmítla verzi se změnami uznat jako Ethernet. Byla však pro tuto verzi vytvořena pracovní skupina 802.12, která ji nakonec vydala jako standard 100VG Any-LAN.

Ethernet beze změn (propagován firmami 3Com, Intel, ...) předpokládá zachování vlastností původního Ethernetu beze změn, jen s navýšením rychlosti 10x (hlavně kvůli zachování maximální návaznosti na původní 10Mbps verzi). Tato verze byla nakonec přijata jako standard 100Mbps Ethernetu skrze 802.3u pod názvem Fast Ethernet (nebo 100BaseT).

4.2 Jak je řešena fyzická vrstva 100BaseT?

Fyzická vrstva byla rozdělena na dvě podvrstvy - MII a PHY. Navíc se zavedla možnost použití různých druhů kabeláže.

Podvrstva MII je implementována na síťové kartě a funguje jako přechod mezi analogovou podvrstvou PHY a digitální vrstvou MAC. Zajišťuje přizpůsobení mezi PHY a řídicími obvody Ethernetu.

Podvrstva PHY je implementována v transceiveru, který je integrován přímo na síťové kartě nebo je připojen ke kartě pomocí drop kabelu. Implementace podvrstvy PHY v transceiveru je odlišná pro různé druhy použité kabeláže (100BaseTX = 2 páry dvoulinky kategorie 5; 100BaseFX = optická vlákna; 100BaseT4 = 4 páry dvoulinky kategorie 3).

4.3 Opakovače v 100 BaseT.

Class I (Translational repeater) - umí dekodovat jednotlivé bity a překládat tak z jednoho druhu kódování na druhý (např. mezi dvěma různými přenosovými médii). To znamená, že umožňuje propojit vzájemně dvě různá média (např. 100BaseTX a 100BaseFX). Nevýhodou je, že generuje zpoždění o délce 140 bitových intervalů, a protože je tak pomalý, smí být v kolizní doméně jen jednou.

Class II (Transparent repeater) - dekodovat signál neumí, jen ho vyhlazuje. Tím pádem pracuje rychle a v kolizní doméně smí být dva tyto opakovače. Nicméně takový opakovač nedokáže propojit dvě různá média. Mezi dvěma těmito opakovači může být maximálně 5 metrů kabeláže.

4.4 Plně duplexní ethernet - předpoklady, výhody a nevýhody.

Původní Ethernet umí jako poloduplexní v jednom čase jen vysílat nebo přijímat. Při pokusu o obě činnosti současně vznikne kolize. To je dáno vlastnostmi původní koaxiální kabeláže.

Použití dvou párů kroucené dvoulinky, prepínačů místo opakovačů a uplatnění mikrosegmentace umožňuje, pokud to všechna síťová rozhraní dovolují, plně duplexní provoz (současně přijímat i vysílat).

Důsledkem plně duplexního provozu je odstranění možnosti kolizí. Důvodem je to, že médium už není sdílené. Takže odpadá potřeba přístupové metody. Dosah plně duplexního Ethernetu je už limitován jen vlastnostmi médií, nad kterými je provozován.

4.5 Gigabitový Ethernet a způsob, jakým zvyšuje svůj dosah.

Snaha o další desetinásobné zrychlení Ethernetu se ubírá dvěma směry.

Pokud se zachová poloduplexní provoz a sdílený charakter média, musí se prodloužit slot time (doba přenosu nejkratšího možného rámce = doba nutná pro detekování kolize) tak, že se zvětší minimální velikost rámce (na 512 B). To můžeme provést buď „vycpávkou“ (prostě malý rámec roztáhneme do požadované délky, čímž ale plýtváme přenosovou kapacitou), nebo „dávkováním“ (shlukujeme menší rámce do jednoho velkého slotu). Při tomto provozu smí být v kolizní doméně použit jen jeden opakovač.

Pokud se zavede plný duplex, odpadá nutnost detekce kolizí a omezení dosahu. Avšak při tomto provozu není možné používat opakovače (pouze přepínače => drahé). Řešením je použití tzv. Buffered repeaterů, které fungují jako opakovače (rozesílají rámce na všechny strany), ale bufferují rámce a hlavně jsou lacinější než přepínače. Dle standardů lze na jednovidových optických vláknech dosáhnout až 3 km. => Ethernet se stává technologií pro MAN a WAN.

4.6 Desetigigabitový Ethernet a jeho dosah.

Ethernet o rychlosti 10Gbps jako standard IEEE 802.3ae počítá jen s plně duplexním provozem na optických vláknech. Využívá jak jednovidová, tak mnohavidová vlákna v celém spektru a stejně tak při odlišení barev. Dosahuje vzdálenosti 40 km.

4.7 Iso-Ethernet a jeho princip.

Iso-Ethernet je kombinací klasického Ethernetu (na principu přepojování paketů) a kanálů ISDN (na principu přepojování okruhů). Jeho cílem je vyjít vstříc jak klasickým datovým přenosům, kterým vyhovuje princip přepojování paketů, tak i real-time aplikacím, které díky přepojování okruhů mohou využít QoS. Tvůrci se snažili zachovat všechny přednosti obou technologií při vysoké efektivitě a nízké ceně.

4.8 Power over Ethernet - základní principy.

Záměrem tvůrců PoE bylo sjednotit napájení zařízení s datovou přípojkou. Tedy, že se zařízení napájí přes datové kabely. Pro tyto účely se může použít jednoho, dvou nebo čtyř párů kroucené dvoulinky kategorie 5. Příkon pro zařízení je 13W při napětí 48V. Zařízení nepodporující PoE nebude poškozeno, protože PSE (zařízení, které transformuje základní datový tok na potřebné napětí) nejdříve vyzkouší bezpečným napětím, zda koncové zařízení PoE podporuje a teprve až pak zapne napájení.

4.9 Ethernet in the First Mile - podstata a varianty.

Snaha o eliminaci režie způsobené propojením vícero technologií (ADSL, ATM, ...) propaguje Ethernet i do „první míle“.

Varianty Ethernet in the First Mile (EFM) jsou:

EFMC (EFM over Copper) = dvoubodové spoje na metalickém vedení, symetrické přenosové rychlosti.

EFMF (EFM over Fibre) = dvoubodové spoje po jednovidových optických vláknech, plně symetrické, plně duplexní.

EFMP (EFM over Passive optical networks) = vícebodové (point-to-multipoint) spoje po optických vláknech s pasivním rozbočením, symetrické přenosové rychlosti.

4.10 Metro Ethernet - cíle a záměry.

Metro Ethernet je výsledkem snahy o redukci režie a tak propaguje Ethernet do „středního úseku“ (sítě MAN a WAN). Nabízí propojování na úrovni linkové vrstvy s podporou VLAN a QoS.

5 Bezdrátový ethernet (IEEE 802.11)

5.1 Jaký je vztah mezi bezdrátovým Ethernetem, WLAN, RLAN, HiPERLAN, IEEE 802.11 a Wi-Fi?

WLAN = Obecné označení pro bezdrátové sítě (co je bezdrátová síť, je WLAN).

bezdrátový Ethernet = Neformální označení pro technologii standardizovanou jako IEEE 802.11. Ta je podmnožinou sítí WLAN (~ jedna z používaných technologií v rámci WLAN).

Wi-Fi = Označení zařízení (nálepka), která vyhovují standardům 802.11 a jsou vzájemně kompatibilní.

RLAN (Radio Local Area Network) = Jiná bezdrátová technologie. Je to evropská odpověď na americkou WLAN. Samostatná vývojová větev, která nemá s 802.11 nic společného.

HiPERLAN (High Performance RLAN) = Vylepšená verze RLAN.

5.2 Standard IEEE 802.11 (bez přípony!!), jeho řešení fyzické vrstvy.

V roce 1997 byl přijat standard pro „bezdrátový Ethernet“ označený názvem pracovní skupiny, která na něm pracovala - IEEE 802.11. Tento standard má v kompetenci vývoj fyzické vrstvy PHY. Ta může fungovat na principu přeskakování mezi frekvencemi (FHSS = Frequency Hopping Spread Spectrum), rozšiřování bitů do sekvencí - chipů (DSSS = Direct Sequence Spread Spectrum) nebo s využitím infračerveného záření (DFIR = Difused Infrared) což se ale v praxi neprosadilo.

5.3 Architektura IEEE 802.11, režimy infrastruktury a ad-hoc.

Na této architektuře se používají dva základní režimy fungování.

Ad-hoc mode je režim vytvořený pro dvou a vícebodové propojení. Je to režim, při kterém dva terminály spolu komunikují přímo (označován jako peer-to-peer).

Infrastructure mode je režim, který využívá jednoho přístupového bodu (AP = access point) a n terminálů (STA = station). Komunikace probíhá jen mezi terminálem a AP. Přenosová kapacita se sdílí všemi právě aktivními terminály.

5.4 Buňky a sítě v IEEE 802.11 (BSS, ESS, BSSID, SSID).

BSS (Basic Service Set) je nejmenší prvek architektury 802.11 a je to buď skupina uzlů komunikujících v režimu ad-hoc bez AP, nebo skupina uzlů s AP, přes který komunikují v režimu infrastruktury.

ESS (Extended Service Set) vzniká propojením několika BSS skrze distribuční systém (DS) a odpovídá představě bezdrátové sítě. Předpokládá mobilitu uzlů (můžou přecházet mezi různými BSS a dokonce i ESS), ale ne mobilitu AP. V jednom ESS mají všechna AP stejný identifikátor (SSID), ale mají různá BSSID určující konkrétní buňku (BSS).

5.5 Bezdrátové distribuční systémy v IEEE 802.11 (WDS, repeating WDS).

WDS (Wireless Distribution System) propojuje dvě drátové sítě bezdrátově. To znamená, že k

jednomu AP jsou uzly připojeny drátově a ten pak komunikuje s jiným AP, ke kterému jsou také jeho uzly připojeny drátově. Provoz mezi AP nepřijímá žádný jiný uzel. V praxi se označuje jako „wireless bridging”.

Repeating WDS je varianta distribučního systému, který využívá dvou AP, kde jedno má standardní funkci AP a druhé se ho snaží emulovat (má stejnou MAC adresu, SSID, šifrování). Druhé AP vlastně funguje jako bezdrátový opakovač. Využívá se toho při zvětšování dosahu bezdrátové sítě.

5.6 Funkce DS v IEEE 802.11.

Association - asociuje stanici s konkrétním AP. Pokud proběhne autentizace v pořádku, mohou se přenášet data.

Reassociation - opakuje asociaci při přechodu z jedné BSS do jiné (v rámci stejné ESS).

Disassociation - zruší asociaci (stanice již nemůže od AP přijímat ani přes něj odesílat data).

Distribution - přijme data od uzlu a pošle je skrze DS v rámci ESS cílovému uzlu (resp. tomu AP, ke kterému je cílový uzel připojen, a to pak doručí data uzlu).

Integration - přenáší data mimo ESS (skrze portál).

5.7 MAC rámce a MAC adresy v IEEE 802.11.

MAC rámce v IEEE 802.11 mohou být ve třech různých formách: řídicí rámce (potvrzují přijetí datových rámců, jsou nezbytné pro fungování přístupové metody), rámce pro správu (zjišťování přítomnosti uzlů, inzerování přítomnosti AP, asociace, reasociace, disasociace, autentizace, ukončení autentizace) nebo datové rámce.

MAC rámce v tomto standardu mohou obsahovat až 4 adresy, protože rámec může procházet AP a po DS. Pro rozlišení situací, kdy probíhá přímá komunikace mezi uzly nebo jde o přenos mezi AP a stanicí a nebo se jedná o přenos po DS, jsou v hlavičce MAC rámce 2 bity (To DS, From DS), které určují jestli příjemcem či odesílatelem je nebo není AP či DS.

„To DS = 0; From DS = 0” (ad-hoc) => Adress1 = příjemce (STA)

Adress2 = odesílatel (STA)

„To DS = 0; From DS = 1” (AP -> STA) => Adress1 = logický a fyzický příjemce (STA)

Adress2 = fyzický odesílatel (AP)

Adress3 = logický odesílatel (AP nebo STA)

„To DS = 1; From DS = 0” (STA -> AP) => Adress1 = fyzický příjemce (AP)

Adress2 = logický a fyzický odesílatel (STA)

Adress3 = logický příjemce (AP nebo STA)

„To DS = 1; From DS = 1” (přes DS) => Adress1 = fyzický příjemce (AP)

Adress2 = fyzický odesílatel (AP)

Adress3 = logický příjemce (AP nebo STA)

Adress4 = logický odesílatel (AP nebo STA)

5.8 Power management a beacon rámce v sítích IEEE 802.11.

Protože jsou stanice často napájeny z baterií, je třeba šetřit energií => vysílat pouze nutným výkonem, vždy když je to možné vypínat transceiver. Zařízení má v režimu úspory stav „awake” (je vzhůru - přijímá i vysílá) a „sleep” (zařízení spí a není schopno přijímat ani vysílat). Stanice musí poznat, kdy být vzhůru (pokud přijme rámec, který obsahuje příznak More Data; periodicky kontrolovat pomocí jestli pro ni AP něco nemá).

Beacon rámce jsou takzvané „majákové rámce”, které zajišťují probouzení stanic. Pomocí těchto rámců jsou aplikovány funkce TSF a TIM.

TSF = AP pravidelně rozesílá beacon rámce (v sítích ad-hoc to zkusí vyslat všichni, ale zvítězí jen jeden), které jsou rozesílány pravidelně a stanice by měly být schopny je přijmout i v režimu sleep (měly by se kvůli těmto rámcům pravidelně probouzet). Rámce obsahují následující interval, časové razítko, TIM (vektor s informacemi o tom, pro které AP je něco připraveno), SSID,...

6 Bezdrátový ethernet (IEEE 802.11) II

6.1 Doby SIFS, PIFS a DIFS v řídicích metodách IEEE 802.11 - k čemu slouží?

SIFS (Short Inter-Frame Spacing) = určuje, jak dlouho čeká příjemce, než odešle potvrzení.

PIFS (PCF Inter-Frame Spacing) = určuje, jak dlouho čeká přístupový bod (při PCF - viz. níže), než může začít vysílat (SIFS + 1 slot).

DIFS (DCF Inter-Frame Spacing) = určuje, jak dlouho čeká odesílatel (při DCF - viz. níže), než může začít vysílat (SIFS + 2 sloty).

6.2 Fungování přístupové metody DCF CSMA/CA, se zohledněním doby DIFS.

Tato metoda je povinná pro každé zařízení vyhovující IEEE 802.11.

DCF značí, že neexistuje žádný nadřazený prvek, všechny jsou si rovny.

CSMA/CA značí, že zájemce o vysílání sleduje provoz a pokud žádný není, počká po dobu DIFS (než se médium „uklidní“) a pak odvysílá celý svůj rámec bez toho, aby kontroloval kolize. Následně čeká na potvrzení. Pokud však nějaké vysílání probíhá, odmlčí se na náhodně dlouhou dobu (pokud během této doby někdo jiný vysílá, odpočítávání se pozastaví na dobu po jakou vysílání probíhá). Dle značení CA se jedná o collision avoidance, ale ve skutečnosti ke kolizím docházet může, ty se však nevyhodnocují.

6.3 Fungování přístupové metody DCF CSMA/CA s RTS/CTS, se zohledněním doby DIFS a SIFS.

Tato metoda je nepovinná, vyskytuje se u dražších zařízení. Snaží se eliminovat efekt předsunuté a skryté stanice a to tak, že uzel, který chce vysílat, vyšle po uplynutí doby DIFS rámec RTS, který zachytí příjemce i ostatní všechny uzly v odesílatelově okolí a odvodí si tak, že by teď vysílat neměli (a taky jak dlouho - nastaví si časovač podle údaje v RTS). Příjemce vyčká po dobu SIFS a pak vyšle rámec CTS, kterým dá odesílateli najevo, že je připraven k příjmu. Zároveň tím dá příjemce najevo všem svým sousedům, že s ním bude někdo komunikovat, a oni se podle toho zařídí (nastaví si časovač podle údaje v CTS). Odesílatel pak počká po dobu SIFS a odešle data. Příjemce data přijme a po uplynutí SIFS odešle potvrzení o přijetí. V tuto chvíli by měly skončit všechny časovače sousedů odesílatele i příjemce. Další komunikace bude probíhat až po uplynutí DIFS.

6.4 Fungování přístupové metody PCF, se zohlednění dob SIFS a PIFS.

Metoda PCF funguje na principu existence koordinátora, který řídí komunikaci => je to nepovinná centralizovaná přístupová metoda. Je jím přístupový bod (tedy nemůže fungovat v režimu ad-hoc), který zajistí, že každá stanice bude mít jistotu přístupu k médiu v konečném čase, což DCF nedokáže zaručit.

Tato metoda rozděluje čas na „super-rámce“. Každý super-rámec má část bez soutěže, kdy se stanice nesmí samy pokoušet o vysílání, a část se soutěží, během níž se používá DCF. V části bez

soutěže se AP postupně dotazuje všech stanic, jestli nemají něco k přenosu (pooling).

Nejprve AP počká na ukončení doby se soutěží a následně po uplynutí PIFS odešle dotaz na první stanici.

Pokud má první stanice něco k odeslání, po uplynutí doby SIFS to začne vysílat. Po skončení vysílání počká AP po dobu SIFS a dotáže se druhé stanice...

Pokud nemá první stanice nic k odeslání, prostě mlčí. AP počká po dobu PIFS a pokud nikdo nevysílá, znamená to, že první stanice nemá nic k odeslání, a může se dotázat druhé stanice...

6.5 Řešení fyzické vrstvy v IEEE 802.11b (DSSS).

Fyzická vrstva standardu IEEE 802.11b opustila definitivně využívání infračerveného paprsku a frekvenční přeskokování. Používá pouze DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), která je ale zpětně kompatibilní s 802.11 (podporuje rychlosti 1 a 2 Mbps). Používá stejné frekvenční pásmo jako předchozí verze. Přidává nové rychlosti 5,5 a 11 Mbps, pro které používá 8-bitový chipping kód.

6.6 Problematika frekvencí a frekvenčních kanálů pro IEEE 802.11b, překrývání kanálů.

Frekvenční pásmo pro IEEE 802.11b je (v USA a Evropě) od 2,4000 GHz do 2,4835 GHz a je rozděleno po 22 MHz úsecích. Sousední úseky se však liší pouze posunutím o 5 MHz, takže se překrývají. V důsledku to způsobilo, že vedle sebe smějí vysílat maximálně 3 sítě WLAN bez toho, aby se navzájem rušily, protože je v celém pásmu nejvýše trojice navzájem se nepřekrývajících pásem.

6.7 Řešení fyzické vrstvy v IEEE 802.11h a IEEE 802.11a (OFDM).

Standard IEEE 802.11a počítá s využitím frekvenčního pásma 5 GHz o šířce 255 MHz a nabízí různé přenosové rychlosti až do 54 Mbps. Na fyzické vrstvě tento standard již nepoužívá žádnou z původních 802.11 přenosových technik. Využívá techniku OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), při které se širší frekvenční pásmo rozdělí na několik menších (až stovky) a v každém dílčím pásmu je použit samostatný nosný signál. Protože jsou nosné k sobě ortogonální (maximum jedné se překrývá s minimem sousední), mohou se dílčí pásma překrývat.

Standard IEEE 802.11h je nadstavbou standardu IEEE 802.11a. Nově je do něj přidána schopnost dynamické volby frekvence a regulace vysílacího výkonu, což byly podmínky zavedení této technologie v Evropě.

6.8 Srovnání IEEE 802.11h a IEEE 802.11a, vzájemné odlišnosti.

Standard IEEE 802.11h vychází ze standardu IEEE 802.11a a je obohacen o schopnost dynamické volby frekvence a regulace vysílacího výkonu.

6.9 Antény, používané pro síť WLAN (varianty, zisk).

Zisk antény je veličina, která udává, kolikrát vyzařuje tato anténa v daném směru více než anténa izotropní (ideální). Zisk antény se měří v jednotkách dBi.

Všesměrová anténa je schopna vyzařovat do všech směrů, ale jen v horizontální rovině. Mívá dosah

maximálně 1 km a typický zisk je u ní 2 až 6 dBi (maximálně 15 dBi).

Sektorová anténa vyzařuje signál do výseče s úhlem 30 až 120 stupňů. Její dosah je maximálně v jednotkách kilometrů a zisk se pohybuje mezi 10 a 20 dBi.

Směrová anténa vyzařuje do menší výseče než sektorová - typicky 8 - 15 stupňů. Mívá velký dosah a zisk od 13 dBi.

6.10 Vyzařovací výkon, EIRP a omezení ve všeobecném oprávnění.

Vyzařovací výkon je to co vystupuje z antény. Je dán součtem vysílacího výkonu (to co vystupuje ze zařízení), útlumu v kabelech a konektorech a zisku antény. Vyzařovací výkon se měří v dBm.

EIRP je efektivní izotropický vyzářený výkon a představuje výkon vyzářený bodovou anténou do všech směrů. Měří se ve Watech nebo v dBm (dB miliwat), což je jednotka poměru dB k 1 mW.

Všeobecné oprávnění se týká vyzařovacího výkonu. U nás je stanoveno na 100 mW, tedy na 20 dBm.

6.11 Srovnání IEEE 802.11b a IEEE 802.11g, vzájemné odlišnosti.

Standard IEEE 802.11g navazuje na IEEE 802.11b. Využívá stejné frekvenční pásmo i kanály a je s ním zpětně kompatibilní. Nabízí rychlosti až do 54 Mbps. K přenosu dat využívá OFDM (jako verze a), DSSS (jako verze b) a PBCC (Packet Binary Convolution Coding - jedna nosná, 256 možných stavů).

6.12 Možnosti dalšího zvyšování rychlostí u sítí WLAN (IEEE 802.11n, MIMO).

Ke zvýšení rychlosti sítí WLAN je možno použít principu MIMO (multiple input, multiple output) popřípadě SIMO a MISO. Fungují na tom, že zařízení bude používat vícero rádiových rozhraní pro paralelní vysílání a příjem.

Standard IEEE 802.11n využívá právě techniky MIMO (až 4x4 antény). Pracuje v pásmu 2,4 GHz a 5 GHz s využitím frekvenčního kanálu 20 nebo 40 MHz a teoreticky dosahuje nominální rychlosti až 600 Kbps.

7 ATM, X.25 a Frame Relay

7.1 Původ ATM, jeho koncepce a celková filosofie, ATM buňky

Technologie ATM vznikla v rámci druhého pokusu o konvergenci k univerzální přenosové technologii. Brala v úvahu jak potřeby spojů, tak počítačů. Funguje spojovaně na principu přepojování paketů. Kvůli vysoké ceně, komplikovanosti a malé pružnosti se ale naděje nenaplnily. Přesto se tato technologie stále používá v některých páteřních sítích.

Bloky dat přenášené pomocí ATM se nazývají buňky. Svět počítačů a svět spojů se „dohodli“ na velikosti buněk 48 B + 5 B hlavičky.

7.2 Třídy služeb ATM: CBR, VBR, ABR a UBR

CBR (Constant Bit Rate) je služba, která garantuje konstantní přenosovou kapacitu (rezervuje každou n-tou buňku a zakáže její využití jinak).

VBR (Variable Bit Rate) je služba, která garantuje přenosovou kapacitu, ale nevyužité buňky může použít někdo jiný. Může mít varianty Real-Time (pro pravidelnost doručování) a Non-Real-Time (pro dávkový charakter přenosů).

ABR (Available Bit Rate) garantuje alespoň minimální přenos, ale při volné kapacitě může přenášet i maximum (minimum a maximum si obě strany předem dohodnou).

UBR (Unspecified Bit Rate) neposkytuje žádné garance a využívá jen tu kapacitu, která zbyde. Vlastně funguje na principu best effort.

7.3 Okruhy a cesty v ATM, adresy a identifikátory, rozhraní UNI a NNI

ATM nabízí virtuální okruhy a ty jsou kvůli snížení režie mezi vnitřními uzly sítě (ATM ústřednami) shlukovány do virtuálních cest. Výhodou je snazší a rychlejší směřování a zřizování nových okruhů (dají se vytvářet v rámci již existujících cest) a navíc lze např. při výpadku jedné stanice snáze přesměrovat všechny okruhy jinam (přesměrujeme celou cestu). Nevýhodou je nutnost implementace dvojí role ústředny a vytvoření dvojího rozhraní (UNI a NNI). Při pohybu mezi vnitřními uzly sítě ale stačí identifikace pomocí identifikátoru cesty a konkrétní adresu použije až vnější ústředna.

UNI je User-Network Interface a nachází se mezi stanicí a vnější ústřednou. Pracuje s adresami.

NNI je Network-Network Interface a nachází se mezi dvěma vnitřními stanicemi. Pracuje s identifikátory cest.

7.4 Vrstvový model ATM - problematika fyzické vrstvy, dosahovaná rychlost, adaptační vrstva

Fyzická vrstva není součástí definice ATM, protože ATM jako takové je vlastně definice vrstvy nadřazené vrstvě fyzické. ATM má za úkol přenášet buňky (dalo by se říci, že je analogická k linkové vrstvě). Nad vrstvou ATM je AAL (ATM Adaptation Layer), která má za úkol přizpůsobit se vyšším vrstvám. AAL se nachází pouze v koncových uzlech a trochu se podobá vrstvě transportní. Výsledkem je, že ATM funguje nad tím, „co se pod ní strčí“.

Fyzická vrstva používaná pod ATM je rozdělena na dvě podvrstvy. TCS zajišťuje generování

kontrolního součtu buněk, zarovnává buňky a prázdná místa vyplňuje prázdnými buňkami. PMD zajišťuje vlastní fyzický přenos proudu buněk.

7.5 Sítě X.25 - koncepce, vlastnosti, využití

Technologie X.25 je dnes již překonaná technologie vytvořená pro připojování koncových uzlů k veřejným datovým sítím (vnitřní fungování těchto sítí neřeší). Byla vytvořena ve světě spojů a funguje spolehlivě a spojovaně na principu přepojování paketů. Technologie předpokládá inteligentní síť.

7.6 Frame Relay - koncepce, vlastnosti, využití, parametry CIR a EIR

Frame relay je technologie pokrývající linkovou a fyzickou vrstvu využívaná pro vzájemné propojování sítí. Funguje spojovaně (pomocí virtuálních okruhů) a nespolehlivě. Má řízení toku end-to-end. Přenáší linkové rámce, garantuje minimální přenosovou kapacitu (CIR) a navíc připouští momentální zvýšení přenosové kapacity o EIR.

7.7 Podstata tag/label switchingu, možnosti implementace, MPLS

Bylo vypořádáno, že si dva uzly neposílají jen jeden IP paket za delší dobu. Většinou se jedná o hromadnější výměnu paketů v krátkém čase. Protože funguje IP komunikace nespojovaně a každý paket se tak musí zkoumat kvůli adrese, vyvstal nápad, že by bylo vhodné odchytnout tento proud paketů a označit všechny jeho pakety stejnou nálepkou (tagem). Následně by se směřovalo jen podle nálepky proudu a nezkoumal by se obsah (přenášet se budou na úrovni linkové vrstvy). Na tomto principu funguje tag/label switching.

MPLS je standardizovaný způsob využití label switchingu (z rodiny protokolů TCP/IP). Definuje třídy provozu v MPLS síti, které labeluje, a následně směřuje rychleji a snadněji právě pomocí labelů.

8 POTS, ISDN, xDSL

8.1 Struktura veřejné telefonní sítě (POTS/PSTN), rozdíl mezi analogovou digitální sítí, srovnání s ISDN

Struktura veřejné telefonní sítě je hierarchická. Tranzitní ústředny -> Místní ústředny -> Pobočkové ústředny / místní smyčky.

Analogová síť funguje tak, že dvě ústředny jsou propojeny přenosovou cestou a jednotlivé hovory jsou na této cestě skládány pomocí frekvenčního multiplexu.

V digitální síti fungují ústředny digitálně a mezi nimi se hovory skládají pomocí časového multiplexu. Koncové stanice jsou stále analogové a převod je prováděn mezi nimi a jejich ústřednou.

V ISDN síti fungují digitálně i místní smyčky.

8.2 Datové přenosy skrze telefonní síť (analogovou i digitální) s využitím modemů

Pokud jde o analogovou síť, o převod z digitální do analogové podoby se stará modem (patří komunikující straně). Digitální síť má stále analogové místní smyčky, takže komunikující strany musí stále převádět digitální signál na analog, přestože se pak před ústřednou převede signál zpět na digitální. To omezuje rychlost.

8.3 Vlastnosti a standardy telefonních modemů, princip jejich ovládání

Modemy jsou zařízení zajišťující převod mezi analogovým a digitálním tvarem signálu. Jsou programovatelná pomocí jazyka AT. Mohou mít zabudované mechanismy pro on-line kompresi dat a korekci chyb. Mohou se přizpůsobovat jak modemu „na druhé straně“ (například snížit rychlost na jeho úroveň), tak i kvalitě linky (zvýšit rychlost při malém počtu výpadků, snížit při velkém).

Modem rozlišuje dva režimy: příkazový a datový. Příkazový režim je režim, kdy modem interpretuje příchozí data jako příkazy jazyka AT a mění podle nich své parametry. Příkazy jsou textového charakteru a modem je nepropouští dál. Datový režim je běžnější režim fungování a probíhá tak, že modem data neinterpretuje a pouze je posílá dál (modemu na druhé straně).

Standardy jsou:

- V.34 (analogová linka o rychlostech 28,8 kbps až 33,6 kbps)
- V.90 (digitální linka o rychlostech pro down 56 kbps a up 33,6 kbps)
- V.92 (digitální linka o rychlostech pro down 56 kbps a up 48 kbps; používá funkci „quick connect“ pro rychlé navázání spojení)

8.4 Síť ISDN - koncepce, kanály, přípojky PRI a BRI, připojování koncových zařízení

Hlavní koncepcí sítě ISDN je rozšíření digitalizace až ke koncovým účastníkům (předtím byly místní smyčky stále analogové) a tím zajištění možnosti přímého připojení nějakého digitálního zařízení k telefonní síti. Pokud budou i místní smyčky fungovat digitálně, je možné na síti provozovat integrované služby typu identifikace volaného apod. (odtud ISDN - Integrated Services

Digital Network).

Tato technologie počítá s existencí kanálů označovaných jako B a schopných přenášet informace rychlostí 64 kbps po každém jednotlivém kanále. Dále existují služební kanály označované A, C, D a lišící se rychlostí a povahou (A je analogový, C a D jsou digitální).

Přípojky jsou řešeny jako kombinace určitého počtu B kanálů a služebních kanálů. Přípustné jsou však pouze tři předdefinované kombinace: Hybrid ($1xA + 1xC$), Basic Rate ($2xB + 1xD$), Primary Rate ($23xB + 1xD$).

BRI (Basic Rate) je přípojka určená primárně pro domácnosti. Obsahuje dva datové kanály a jeden služební. Z přenosové kapacity spotřebovává 198 kbps (včetně režie). Předpokládá využití stávajících místních smyček a umožňuje připojit k jedné přípojce až 8 zařízení (současně komunikovat mohou 2).

PRI (Primary Rate) je určená spíše pro firmy, providery a operátory. Obsahuje třináct datových kanálů a jeden služební. Zabírá 1,5 Mbps přenosové kapacity. V Evropě se používá PRI přípojka o 30-ti datových kanálech B, která tak zabírá 2,048 Mbps.

8.5 Princip nasazení technologií xDSL na místní smyčky a jejich využití pro datové přenosy, koexistence s hlasovými přenosy

Technologie xDSL je technologií umožňující vysokorychlostní přenosy mezi dvěma xDSL modemy. Ty tedy musí být nasazeny na oba konce místní smyčky a, protože telefonní síť nemá pro vysokorychlostní přenosy dostatečnou kapacitu, datový tok musí být před telefonní ústřednou odkloněn a připojen k datové síti zvlášť.

Koexistence xDSL s hlasovými přenosy závisí na šíři využívaného pásma. Pokud technologie využívá jen nadhovorové pásmo (např. ADSL), může koexistovat s hlasovými přenosy a o slučování a oddělování těchto přenosů se stará tzv. splitter. Oddělení dvou přenosů funguje na principu frekvenčního multiplexu. Pokud technologie využívá celou šíři pásma (např. SHDSL), nemůže koexistovat spolu s hlasovými přenosy „na jednom drátě”.

8.6 ADSL a její nasazení - DSLAMy, splittery, modulace, rychlosti

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) je technologie zprostředkovávající vysokorychlostní datové přenosy. Funguje v nadhovorovém pásmu, hovorové pásmo nechává volné pro hlasové přenosy nebo ISDN.

DSLAM (DSL Access Multiplexer) je zařízení, které shromažďuje datové toky od splitterů a multiplexuje je. Místo do telefonní ústředny tedy jde datový tok do DSLAMu a následně je z něj odeslán dál. Je to zařízení zajišťující vysokorychlostní přenos pomocí technologií xDSL.

Splitter je zařízení, které se stará o oddělení nadhovorového a hovorového pásma pomocí techniky frekvenčního multiplexu.

Modulace v ADSL je prováděna technikou DMT (Discrete Multi-Tone), která funguje na principu rozdělení frekvenčního pásma na více subkanálů, kde v každém subkanálu je přenášena jedna nosná namodulovaná technikou QAM (kvadrurní amplitudová modulace). Technika DMT je obdobou OFDM. Dříve se využívala také technika CAP, která využívala pásmo jako celek, ale dnes je již nepoužívá.

Rychlost ADSL pro downstream je 6 - 8 Mbps a pro upstream 0,6 - 0,8 Mbps. Dosah této technologie záleží na kvalitě linky, ale s rostoucí vzdáleností mezi koncovým účastníkem a ústřednou skutečná rychlost klesá.

8.7 Institut zpřístupnění místní smyčky (LLU) a možnosti jeho využití (plný a sdílený přístup)

Místní smyčky patří tzv. inkumbentovi, což je operátor, který v minulosti měl na telefonní služby monopol. Protože by pro ostatní operátory bylo zbytečné a drahé budovat nové místní smyčky, byl vytvořen institut LLU (Local Loop Unbundling), který zákonem nařizuje, že vlastník místní smyčky ji musí zpřístupnit i jinému operátoru, který o ni má zájem. Zároveň regulační úřad určuje ceny za pronájem místní smyčky. Pronájem je však pro LLU vždy na úrovni drátu (holá měď), nikoliv na úrovni nějaké vyšší abstrakce, a tedy si na ni alternativní operátor musí nasadit požadovanou technologii sám.

LLU existuje ve dvou variantách. Buď si alternativní operátor pronajme jen nadhovorové pásmo a hovorové využívá inkumbent (to je varianta sdíleného přístupu - SPV), a nebo si pronajme celou místní smyčku, tedy jak hovorové, tak nadhovorové pásmo (varianta plného přístupu - PPV).

Ve výsledku to znamená, že si koncový účastník může vybrat, který z operátorů bude poskytovat telekomunikační služby právě jemu.

8.8 Bitstream - podstata a srovnání s LLU a xDSL

Bitstream je další způsob, jak umožnit existenci vícero operátorů nad jednou sítí vodičů. Oproti LLU, který byl na úrovni holého drátu, je Bitstream postaven na fyzické vrstvě sítě. Spočívá v tom, že na místní smyčku si inkumbent nasadí technologii, která umí přenášet proud bitů (bitstream), a pokud ji chce využít alternativní operátor, pronajme si službu spočívající v přenosu bitů. Alternativní operátor pak na přenosu bitů staví své další služby.

Ve srovnání s LLU není u Bitstreamu potřeba kolokace (alternativní operátor nemusí mít ústřednu fyzicky blízko ústředně inkumbenta). Navíc stačí, aby inkumbent nasadil určitou technologii jako jediný (xDSL), ale pak ji mohou využívat všichni.

8.9 Mechanismus volby operátora - princip a možnosti využití

Dalším řešením problému místních smyček je volba operátora. Ta počítá s tím, že inkumbent obsluhuje místní smyčku a účastník mu za to platí měsíční paušál. Část hovoru na místní smyčce je tedy vedena inkumbentem, ale střední část hovoru může být vedena alternativním operátorem. Koncová část pak může opět být v režii inkumbenta, pokud mu patří cílová místní smyčka. Účastník pak celý hovor platí alternativnímu operátorovi, ale ten zaplatí inkumbentovi za originaci hovoru (popř. i za terminaci).

Účastník může buď před každým hovorem vytočit předvolbu, kterou určí, jaký operátor se má starat o střední část hovoru (varianta CS), nebo účastník svou volbu vyjádří jednorázově a pro všechny hovory se bude implicitně předpokládat, že je chce vést u zvoleného operátora (varianta CPS). Ve variantě CPS však také existuje možnost zadání předvolby pro změnu operátora při právě jednom konkrétním hovoru.

9 Drátový broadband

9.1 Jaká jsou možná vymezení broadbandu? Jaké další aspekty souvisí s jeho definicí? Např. symetrie, efektivní rychlost atd.

Broadband můžeme chápat ve dvou smyslech, buď jako „širokopásmový“ (to je doslovný překlad a vypovídá jen o spotřebované šíři pásma, ne o jakémkoliv výsledném efektu), nebo jako „vysokorychlostní“ (to je věcně správnější chápání, protože vypovídá o efektu a ne o spotřebě). Broadband je definován jako „takový druh přístupu uživatelů k poskytovaným zdrojům a službám, který koncové uživatele neomezuje v tom, co a jak hodlají dělat, kdykoli to chtějí dělat“. Tedy přesně je to služba dostupná 24/7 a minimální přípustná nominální rychlost je 256 Kbps (efektivní alespoň 80% nominální).

Aspekt přípojky - definice nezohledňují možnost připojení více uživatelů k jedné přípojce. Požadavky jsou kladeny jen na přípojku a nezohledňují počet připojených uživatelů.

Aspekt symetrie - určení, zda-li má být přípojka symetrická (stejně rychlosti v obou směrech) či asymetrická (rozdílné rychlosti pro downstream a upstream), záleží hodně na charakteru uživatele a druhu jím využívaných služeb (WWW má vysoké nároky na downstream, FTP u některých uživatelů může výrazně více vytěžovat upstream, VoIP má stejné nároky v obou směrech).

Aspekt efektivní rychlosti - poskytovatelé služeb zpravidla inzerují nominální rychlost, která je ale vyjádřením doby potřebné k přenosu 1 bitu bez reže a agregace. Uživatelé pak mají k dispozici efektivní rychlost, která bývá mezi 40 a 90 % nominální rychlosti. Efektivní rychlost závisí na míře agregace, chování všech zákazníků a na uplatňované Fair Use Policy.

9.2 Agregace a její vliv na broadband, problematika Fair Use Policy.

Agregace je sloučení více přenosových kapacit do jedné společné kapacity, která bývá zpravidla menší, než součet všech vstupních. Je důsledkem pozorování, že uživatelé negenerují souvislý tok dat, ale jejich aktivita kolísá v čase (někdy je i nulová). Proto by bylo zbytečné vyhradit jim přenosovou kapacitu po celé trase přenosu a dimenzovat ji podle jejich maximální generované zátěže. Stupeň agregace nám určuje poměr součtu v stupních kapacit a výstupní kapacity.

Důsledkem je to, že poskytovatel připojení může přeprodávat jednu službu více zákazníkům, což velmi zlevňuje službu pro všechny zákazníky. Problémem je to, že pokud je agregace příliš vysoká nebo pokud se uživatelé chovají neočekávaně, služba ztrácí na kvalitě. Agregace má jakousi zlomovou hodnotu, do níž je ztráta kvality pro běžné uživatele téměř neznatelná, ale po jejím překročení dochází k velkému poklesu kvality.

Ideální stupeň agregace je různý pro různé situace. Pro běžné (průměrně aktivní) domácnosti může postačovat 1:50, pro firmy se používá 1:5 - 1:20 a provideři, kteří například sami agregují datové toky, potřebují 1:1.

Vhodná míra agregace je dobrým kompromisem mezi cenou a kvalitou služeb. Problém nastává, pokud se někteří uživatelé chovají neočekávaně (neustále stahují atd.) a zhoršují tak kvalitu služby ostatním, s kterými sdílí přenosovou kapacitu. Z tohoto důvodu poskytovatelé uplatňují FUP (Fair Use Policy), což je soubor restrikcí (omezení objemu přenesených dat), technických opatření (snížení rychlosti při vysoké aktivitě) a penalizací (extra platby za nadměrné využívání), kterými si vynucují u uživatelů „očekávané“ chování.

9.3 ADSL a střední míle: DSLAMy a jejich napojení na BRAS (SSG/SSD), PPPoA.

Technologii ADSL lze provozovat i na střední míli. Ta je mezi telefonní ústřednou obsluhující přímo místní smyčku a ISP (Internet Service Provider). Protože technologie ADSL je před telefonní ústřednou odkloněno do DSLAMu, je střední míle brána od něj.

DSLAM je multiplexer, který slučuje více datových toků do jednoho (směrem od koncových uživatelů) a posílá je dále do datové sítě. Stará se o zapouzdření jednotlivých bitů do rámců.

BRAS (Broadband Remote Access Server) je zařízení, které zajišťuje autentizaci uživatelů, agregaci, prioritizaci datových toků a zprostředkovává poskytnutí konfiguračních údajů. Říká se mu také agregační směrovač. Mezi koncovým ADSL modemem a BRASem je dvoubodové spojení, které prochází přes DSLAM. Toto spojení je řešeno pomocí PPP (Point-to-Point Protocol). BRAS může sloužit jako SSG (Service Selection Gateway - přepínač mezi uživateli dostupnými službami) nebo jako SSD (Service Selection Dashboard - mechanismus, skrze který si uživatel vybírá službu).

Protokol PPP funguje mezi koncovým uživatelem a BRAS. Protože tato část má jako základ ATM síť a přenášené IP pakety se balí do PPP rámců, které se balí do AAL5 rámců a ty jsou pak vloženy do ATM buněk, funguje zde Point-to-Point Protocol over ATM (PPPoA).

9.4 ADSL2 a ADSL2+.

ADSL2 je vylepšenou verzí ADSL. Využívá sice stejné frekvenční rozsahy jako původní verze, ale dosahuje o 50 Kbps vyšších rychlostí a má až o 180 metrů větší dosah. Má dokonalejší modulaci a kódování a díky proměnlivé délce rámce a redukované hlavičce snižuje režii 8x (z 32 Kbps na 4 Kbps). Oproti předchozí verzi dokáže ADSL2 regulovat vysílací výkon (ADSL funguje stále na plný výkon, ale ADSL2 se dokáže „uspat“), lépe se vyrovnává s rušením a nedokonalostmi vedení a má zrychlený start. Dokáže přidělovat kanály s různými vlastnostmi různým aplikacím a umí obsadit hovorové pásmo pro zvýšení rychlosti upstreamu (ADM - All-Digital Mode = plně digitální režim).

ADSL2+ je výsledkem snahy o zvýšení přenosové rychlosti bez zkrácení dosahu. Cílem bylo zajistit kapacitu pro živý streaming v TV kvalitě (ne na úkor běžného připojení k Internetu). Řešení přišlo v podobě zvětšení frekvenčního rozsahu na dvojnásobek. ADSL2+ dosahuje na downstreamu až 25 Mbps.

9.5 Symetrické varianty xDSL technologií.

Symetrie technologie xDSL vyjadřuje, že je využíván stejný frekvenční rozsah jak pro upstream, tak pro downstream. Bývá to výhodnější pro firmy, které častěji uploadují nebo využívají DSL telefonii. Všechna symetrická řešení nedokáží koexistovat s hlasovými přenosy.

SDSL (Symmetric DSL) je staré řešení nasazované v USA.

HDSL (High bit-rate DSL) je také staré řešení, které se používalo pro připojování telefonních ústředen po místní smyčce. Toto řešení využívá celé frekvenční pásmo a vyžaduje 2 až 3 páry kroucené dvoulinky.

HDSL-2 je vylepšením HDSL spočívající v tom, že pro své fungování mu stačí je jeden pár kroucené dvoulinky.

SHDSL (Symmetric High bit-rate DSL) je první mezinárodně standardizované symetrické xDSL řešení. Rychlost se pohybuje v rozsahu od 192 Kbps do 2,3 Mbps a dosah má 3 km. Dosah a rychlost je možné zvyšovat buď pomocí opakovačů nebo kombinací více místních smyček. V USA existuje ještě vylepšení verze dosahující rychlosti 5,7 Mbps na jedné místní smyčce.

9.6 Možnosti řešení hlasu v přístupových sítích (VOIP, VoATM, CVoDSL).

Hlasové služby lze vedle technologie ADSL poskytovat různými způsoby.

Hlas a data samostatně - hlas v hovorovém pásmu a data v nadhovorovém pásmu.

Pomocí VOIP - hlas je poskytován nad ADSL, ale není pro něj vytvořena speciální podpora (není zajištěna QoS). Hlas je vlastně přenášen mezi běžnými daty na požadavek aplikace.

Přes VoATM (Voice over ATM), kde je rozlišen hlas o dat tak, že v ATM buňkách jsou zabaleny data v AAL5 rámcích, ale hlas je v AAL2. Díky tomu je zajištěna podpora pro hlasové služby, nicméně xDSL stále nijak nerozlišuje hlas od dat.

Pomocí CVoDSL (Channelized Voice over DSL), kde jsou některé frekvenční kanály rezervovány pro hlas v datové podobě a ostatní se použijí pro data. Hlas je pro přenos digitalizován technikou PCM a je přenášen proudem (jako stream).

9.7 Optika v přístupových sítích, varianty FTTH.

Potenciál místních smyček není zcela využit, ale jedinou možností, jak to provést je rozšíření frekvenčního pásma. To nelze provádět do nekonečna, protože se pak značně zhoršuje dosah a čím dál více dochází k rušení a přeslechům. Proto se teď vkládají velké naděje do optických vláken, jejichž potenciál zatím využíváme jen minimálně. Nicméně optické vedení je drahé (instalace, konektorování, pokládání...) a není tak ekonomicky únosné jej rozvést až ke koncovým účastníkům (ale je to také možnost). Proto se optika rozvádí nejdále jak je to možné a pak se k ní připojí co nejvíce místních smyček (kovových). Optické vedení je k páteřní síti připojeno zařízením OLT (Optical Line Termination), které zajišťuje návaznost právě na páteřní síť a zakončuje přichodí optické vlákno.

Pokud je k vedení použita pouze optika (až k účastníkovi), je na konci zařízení ONT (Optical Network Termination), které umožňuje přímé napojení uživatelského zařízení. Tento přístup rozlišuje podle dosahu varianty FTTH (Fibre To The Home), FTTA (FTT Apartment), FTTO (FTT Office), FTTS (FTT Subscriber)...

Pokud je k vedení využito kombinace optiky a metalického vedení (tedy optika od páteřní sítě a metalické vedení jako místní smyčka), stará se o toto rozhraní zařízení ONU (Optical Network Unit). To je vlastně převodník mezi optickým a metalickým vedením, který má jeden optický vstup a více metalických výstupů. Tento přístup má varianty, které se rozlišují podle vzdálenosti od koncových uživatelů, a jsou jimi FTTEx (Fiber To The Exchange - optika k telefonní ústředně), FTTN (FTT Neighbourhood - „na kraj ulice”), FTTB (FTT Building), FTTC (FTT Cabinet)...

9.8 Síť PON a jejich řešení (APON, BPON, GPON a EPON).

PON (Passive Optical Network) je název optické sítě, která má za úkol rozvést data ke koncovým uživatelům (resp. uzlům ONU nebo ONT). Pasivní je proto, že obsahuje jen neaktivní prvky (pouze přenášejí signál a nic s ním nedělají). Oproti tomu aktivní síť obsahuje třeba opakovací, které signál zesilují apod., ale to je drahé. Provoz na síti PON se dá řešit buď vlnovým multiplexem (každý koncový bod ONU nebo ONT má vlastní vlnovou délku) a nebo časovým multiplexem, kde downstream je řešen pomocí TDM (signál je vyslán jen tomu, komu patří) a upstream pomocí TDMA (sdílený přístup na médium, který musí být řízen).

APON (ATM PON) je původní název pro BPON (Broadband PON), který byl ale změněn, protože byl zavádějící. Lidé si mohli myslet, že dostanou touto technologií jen ATM přístup, což není pravda. Základem je sice ATM technologie, ale nad ní je nabízen např. 10/100 Mbps Ethernet nebo distribuce videa.

GPON (Gigabit PON) je stejná technologie, jako BPON, ale pro gigabitové rychlosti.

EPON (Ethernet PON) je technologií, kde základem není ATM, ale přímo Ethernet. Tato technologie byla definována standardem IEEE 802.3ah

9.9 Technologie VDSL a možnosti jejího nasazení v přístupových sítích.

VDSL (Very high-speed DSL) je zatím nejrychlejší xDSL technologie. Na downstreamu dosahuje až 52 Mbps a nabízí možnost jak symetrické, tak asymetrické konfigurace. Nevýhodou je menší dosah (pro zmíněných 52 Mbps jen 300 metrů) a využívání velkého frekvenčního rozsahu na místní smyčce (až 30 MHz). Nicméně tato technologie dokáže koexistovat s PSTN/ISDN.

S nasazením technologie VDSL se počítá u místních smyček, které jsou připojeny přímo k ústředně a mají od ní dostatečně malou vzdálenost. Vzdálenější konce sítě se řeší přiblížením pomocí PON sítě, jejíž některá větev končí prvkem ONU (je dále metalicky rozvedena po místních smyčkách, např. FTTN) a odtud je pak nasazeno VDSL až ke koncovým účastníkům. Pokud větev PON sítě končí v ONT, není VDSL potřeba.

9.10 Rozvody kabelové TV a dnešní kabelové sítě HFC, problematika zpětného kanálu.

Původním záměrem vzniku kabelové televize bylo přivedení signálu do míst se špatným příjmem. Rozvody byly na bázi koaxiálních kabelů, jednosměrné a šířilo se v nich stejné vysílání, jako se šířilo éterem. Z tohoto přístupu vznikla zkratka CATV (Community Antenna TV).

Postupem času vzniklo specifické vysílání pro kabelové rozvody. Přestože byly rozvody stále jednosměrné, vznikaly celé kabelové sítě se zesilovači, které byly vedeny hlavně do domácností. Tyto sítě se dále rozšiřují a zhušťují. Používají se také optická vlákna.

HFC (Hybrid Fiber-Coax) sítě jsou kabelové sítě složené jak z optických vláken, tak z koaxiálních kabelů. Optická vlákna se používají v páteřních částech a pro překlenutí delších vzdáleností. Koaxiální kabely se pak používají v posledních metrech pro rozvod signálu ke koncovým účastníkům. Kabelové sítě tohoto typu mají hierarchickou strukturu - začínají vstupním bodem celé sítě tzv. Head-end, odtud je optika rozvedena do rozbočovačů a od nich následně do optických uzlů. Optické uzly se starají o přechod mezi optikou a koaxiálními rozvody a od nich je pak signál veden do distribučních zesilovačů a pak do koncových zařízení. HFC však stále byly jednosměrné, přestože na měly kapacitu na další služby. Zavedení zpětného kanálu si sice vynutilo úpravu všech prvků sítě, ale umožnilo to vytvořit obousměrnou síť pro přenos dat a následně pro připojení k internetu. Head-end byl nahrazen prvkem CMTS (Cable Modem Termination System) a pro připojení koncových datových zařízení se využívá kabelový modem.

9.11 Přenosy dat v kabelových sítích, DOCSIS a euroDOCSIS.

Datové kabelové sítě se k internetu připojují skrze páteřní síť poskytovatele a agregační síť, ke které je připojeno více CMTS jednotek. Každá tato jednotka má pod sebou určitý počet kabelových modemů, které ale sdílí jednu kapacitu poskytovanou CMTS jednotkou. Operátor může optimalizovat svou síť tím, že rozdělí jednu skupinu modemů na dvě (segmentuje). Síť mezi jednotkou CMTS a modemy pod ní je nazývána přístupová síť.

DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) je standard pro komunikaci na přístupové síti. Využívá dopředných kanálů o šířce 6 MHz (USA) nebo 8 MHz (v Evropě - euroDOCSIS) oddělených frekvenčním multiplexem. Některé frekvenční kanály se využívají pro přenos TV vysílání, jiné pro data. Ve zpětném směru se využívají kanály o šířce 0,2 - 3,2 MHz.

DOCSIS 1.0 dosahuje v dopředném směru rychlosti 39 - 55 Mbps na každý kanál a v opačném směru 10 Mbps (kapacitu ale sdílí celá skupina modemů). Počítá s asymetrickostí provozu.

DOCSIS 1.1 je nadstavbou nad verzí 1.0, která nově podporuje QoS.

DOCSIS 2.0 má možnost symetrického provozu a nabízí ve zpětném směru až 32 Mbps. Přináší navíc některá bezpečnostní vylepšení.

DOCSIS 3.0 je plně na bázi IP a podporuje IPv6. Podporuje tzv. channel bonding, což je možnost využití více kanálů pro datové přenosy jedním uživatelem. Maximální rychlost pro jednoho uživatele je 200 Mbps vpřed (k uživateli) a 100 Mbps zpět (od uživatele).

10 Mobilní komunikace

10.1 Generace mobilních sítí a způsob, jakým hospodaří s přiděleným frekvenčním spektrem, techniky FDD a TDD.

Protože operátor dostane omezený počet využitelných frekvencí pro provozování mobilní sítě a musí pokrýt „neomezenou“ plochu, musí s frekvencemi umět hospodařit. V praxi se používá rozdělení území na buňky, kde vždy sousední buňky jsou na různých frekvencích. Frekvence se mohou tedy opakovat pro buňky, které nejsou sousední. Rozdělení se musí pečlivě plánovat a mění se v čase (kde je větší provoz, je potřeba zhustit buňky).

První generace (1G) mobilních sítí byla analogová a podporovala pouze hlasové služby. Dělení dostupných frekvencí probíhá na bázi frekvenčního multiplexu (FDM - Frequency Division Multiplex), obousměrný přenos je zajištěn technikou FDD (Frequency Division Duplex), která využívá různé frekvence pro odchozí a příchozí směr, a modulace probíhá pomocí frekvenční modulace. V různých částech světa byly zavedeny různé technologie postavené na 1G síti (AMPS, NMT, TACS).

Druhá generace (2G) je již digitální. Jednou variantou je, že se pro dělení dostupných frekvencí na menší části využívá frekvenční multiplex (FDMA) a každý frekvenční kanál je dále dělen na principu časového multiplexu (TDMA). Druhou variantou je možnost sdílení širších frekvenčních kanálů na principu kódového multiplexu (CDMA). Pro zajištění obousměrného provozu se používá buď FDD nebo TDD (Time Division Duplex), která v čase střídá směr provozu na síti. První komerčně provozovaný systém na síti 2G bylo GSM, které se pak stalo nejrozšířenějším standardem druhé generace.

Generace 2.5 (2.5G) je takovou „mezigenerací“. Jedná se vlastně jen o 2G obohacené o možnost přenosu dat skrze technologie GPRS, HSCSD, EDGE.

Třetí generace (3G nebo UMTS) je generace mobilních sítí, která se více zaměřuje na přenos dat.

10.2 Architektura GSM sítě (BTS, BSC, MSC, ...) a její registry (HLR, VLR, ...).

Síť GSM (Global System for Mobile telecommunications) je prvním komerčně využívaným systémem v sítích 2G. Používá 124 frekvenčních kanálů pro uplink a stejně tolik pro downlink. Jednotliví mobilní operátoři dostávají vždy jen několik kanálů. Každý frekvenční kanál je pak časovým multiplexem (TDMA) rozdělen na 8 časových slotů (1 TDMA rámeček). Hlasový hovor zabírá v každém směru jen jeden multirámeček (26 TDMA rámečků), který trvá po dobu 120 ms. Aby mělo rádiové rozhraní čas se přepnout z downlinku na uplink, je vysílání z mobilní stanice posunuto o 3 sloty.

Architektura této sítě je založena na buňkovém principu (pokrývaná plocha je rozdělena na buňky), kde v jednotlivých buňkách jsou umístěny základnové stanice (BTS - Base Transceiver Station). Existují také „třísektorové“ BTS, které obsluhují 3 buňky zároveň a nacházejí se na jejich společném okrajovém bodě (pokud jsou buňky jako šestiúhelníky, existuje bod, ve kterém spolu všechny tři sousedí). BSC (Base Station Controller) je řadič, na který je vždy napojeno několik BTS. MSC (Mobile Switching Centre) je mobilní telefonní ústředna, která ovládá řadiče BSC a skrze ně i BTS.

HLR (Home Location Register) je registr obsahující informace o uživateli dané sítě. Uchovává informace např. o rozsahu předplacených služeb nebo o tom, kde se právě daný účastník nachází (v

keré buňce). Každý účastník je vždy právě v jednom HLR. Součástí HLR je také AuC (Authentication Center), které slouží i identifikaci účastníků. HLR (včetně Auc) může být sdíleno více ústřednami současně.

VLR (Visitor Location Register) funguje jako „cache” pro HLR. Pro každou ústřednu (MSC) je vždy jedna VLR a tam se uchovávají údaje o účastnících, kteří jsou právě v kompetenci této ústředny (včetně údajů o návštěvnících v rámci roamingu).

EIR (Equipment Identity Register) je registr obsahující údaje o odcizených a neoprávněně používaných mobilních zařízeních. Spolupracuje s AuC.

10.3 Identifikace terminálů v GSM síti (SIM karty, identifikátory IMEI a IMSI, MSISDN, registry HLR, EIR ...).

Každý mobilní terminál může být identifikován dvěma způsoby: přístrojem a SIM kartou.

Číslo IMEI (International Mobile Equipment Identity) je 15-ti místné číslo, které identifikuje právě zařízení (je analogické sériovému číslu).

Číslo IMSI (International Mobile Subscriber Identity) je 15-ti místné číslo identifikující SIM kartu (Subscriber Identity Module), která identifikuje uživatele (do jaké patří síť, jaké služby má předplacené, ...).

MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number) je telefonní číslo účastníka. Uchovává se v HLR a má vztah k IMSI.

Když se pak mobil přihlašuje do sítě, předá síti IMEI a IMSI. V registru EIR (registr odcizených a neoprávněně používaných zařízení) se ověří, jestli je použití zařízení legální. V registru HLR (registr s údaji o účastnících) se zjistí podle IMSI číslo MSISDN a uloží se poloha mobilu. Potřebné údaje jsou z HLR předány VLR (registr návštěvníků eviduje účastníky připojené k dané ústředně). Centrum AuC (autentizační centrum) vyšle do přístroje náhodné číslo, to přístroj transformuje a vrátí do AuC - tím proběhne ověření identity uživatele. VLR si uloží údaje získané od HLR a AuC a přidělí mobilu dočasné číslo TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity), pod nímž jej eviduje po dobu dosahu dané MSC (ústředny).

10.4 GSM a možnosti přenosu dat (CSD a HSCSD), kapacita na timeslot, třídy.

Protože je GSM digitální, přenáší se hlas jako data. Na jeden timeslot (jeden TDMA rámec se skládá z 8-mi timeslotů) připadá kapacita 33,8 Kbps včetně režie. Skutečně využito pro digitalizovaný hlas je 13 Kbps čisté kapacity. Takže budeme místo zdigitalizovaného hlasu posílat obecná data.

CSD (Circuit Switched Data) je technika fungující na principu přepojování okruhů (data se přenáší po dvoubodovém spoji). Nejbližší normovaná rychlost, která se vejde do 13 Kbps je 9,6 Kbps. Pokud však zmenšíme objem zabezpečovacích údajů, sníží se režie a můžeme tak dostat rychlost 14,4 Kbps (efektivní rychlost se ale zmenšuje se vzdáleností od BTS).

HSCSD (High Speed CSD) je variantou CSD, která využívá channel bundling (využití více timeslotů najednou). Stále funguje na principu přepojování okruhů a není pro tuto technologii potřeba měnit HW.

10.5 GPRS - způsob začlenění do sítě GSM, GGSN a SGSN.

Technologie GPRS (General Packet Radio Service) funguje na principu přepojování paketů a ne okruhů jako HSCSD. Proto nespotřebovává žádné timesloty pokud nic nevysílá. Díky tomu také síť zvládne obsluhovat více uživatelů najednou a ti mohou být trvale připojeni (i k Internetu). Funguje stylem best effort a nejprve jsou timesloty přiděleny hlasovým službám, pak CSD a pak až GPRS.

Zavedení GPRS do GSM sítě vyžaduje přidání některých nových HW prvků a upgrade SW u BTS a BSC.

SGSN (Serving GPRS Support Node) je uzel na úrovni MSC (ústředna). Má za úkol: získávat údaje do registru GR (GPRS Register), který je součástí HLR a uchovává údaje relevantní k GPRS; vést evidenci polohy mobilního zařízení; překládat adresy; přenášet data k BSC.

GGSN (Gateway GPRS Support Node) zajišťuje vazbu na externí datové síť. Z jedné strany je napojen na SGSN pomocí IP spoje a z druhé strany na externí datovou síť.

10.6 GPRS a jeho fungování (kódovací schémata, třídy, attach/detach, APN).

Různá kódovací schémata se rozlišují podle toho, jak rozdělí přenosovou rychlost 22,8 Kbps (užitečná kapacita + režie přenosu dat) mezi zabezpečení a užitečná data. Vyšší kódovací schéma vyžaduje větší spolehlivost sítě, protože má horší detekci a nápravu chyb. Mobilní zařízení si samo volí kódovací schéma.

Třídy přenosů se dělí podle počtu dostupných timeslotů. Jsou i různé kombinace počtů slotů pro downlink a uplink.

GPRS attach je proces, při kterém SGSN (Serving GPRS Support Node) ověří identitu uživatele a oprávněnost použití mobilního zařízení. Při tom si vytvoří dočasný identifikátor P-TMSI (Packet-Temporal Mobile Subscriber Identity)

GPRS detach je proces odhlášení. Může ho iniciovat jak GPRS síť, tak koncové zařízení.

APN (Access Point Name) je přístupový bod, který mobilní zařízení využívá pro přístup k Internetu. Přístupový bod definuje vlastnosti připojení a vede z něj „tunel“ skrz další části sítě až do sítě poskytovatele Internetu. Mobilní operátor může nabízet více APN s různými podmínkami.

10.7 EGPRS/EDGE - odlišnosti od GPRS, vlastnosti a přínosy, kódovací schémata.

GPRS zachovává způsob kódování (dvou stavová fázová modulace - 1 změna = 1 bit), EGPRS zavádí nový způsob kódování (osmi stavová fázová modulace - 1 změna = 3 bity), takže se modulační rychlost zůstává stejná, ale rychlost přenosu se 3x zvyšuje. GPRS přidává do původní sítě nová kódovací schémata, EGPRS přidává další nová kódovací schémata (4 s původní modulací, 5 s novou), která se volí dynamicky. Při nasazení GPRS se původní GSM síť jen upgradovala softwarově (v BSS), nasazení EGPRS vyžaduje HW upgrade transceiverů v každém sektoru BTS. U obou sítí je problém s vysokou latencí (neumožňuje hraní on-line her ani IP telefonii).

10.8 UMA - princip, možnosti využití a implementace.

Protože operátoři mají omezený počet frekvencí a mohou mít problém s pokrytím uvnitř budov, vyvstala idea využití k pokrytí i frekvence z bezlicenčních pásem. UMA (Unlicensed Mobile Access) je řešením tohoto problému fungující právě v bezlicenčních pásmech. Komunikace probíhá

skrze dostupné bezdrátové technologie (Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX). Používaná infrastruktura nemusí být v majetku mobilního operátora. Pokud je mobil v dosahu bezlicenční stanice, komunikuje přes ni, jinak přes BTS. Tím se mobilní síť „roztáhne“ i do bezlicenčních pásem. Protože mobilní síť musí vždy vědět, kde se mobil nachází, musí se do sítě přidat nový prvek UNC (UMA Network Controller), který funguje jako BSC pro základnové stanice v bezlicenčním pásmu.

11 Bezdrátový broadband

11.1 Důvody vzniku technologie Bluetooth, požadavky kladené na tuto technologii a její další vývoj.

Bluetooth technologie vznikla na základě požadavku vytvořit WPAN (Wireless Personal Area Network), což je bezdrátová síť s dosahem do 10 m, pro připojování drobných zařízení, jako jsou PDA, hands-free sety, mobilní telefony... Vývoj byl v kompetenci skupiny IEEE 802.15.

Požadavkem bylo fungování v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz a vysoká odolnost proti rušení. Technologie měla být schopná přenášet data i hlas a komunikovat na principu peer-to-peer (2 zařízení komunikují přímo, bez prostředníka). Provozní parametry (nízká spotřeba, malé rozměry, nízká cena) byly inspirovány technologií 802.11, která je ale pro použití ve WPAN nevhodná.

Ve verzi 2.0 se povedlo snížit spotřebu a vylepšit datové přenosy (dosahuje efektivní rychlosti až 2,1 Mbps). Verze 2.1 je opět energeticky efektivnější a vylepšuje bezpečnost pomocí obnovy symetrických klíčů a lepšího párování. Verze 3.0 počítá s nasazením přenosové technologie UWB (může dosahovat až 480 Mbps) a snaží se minimalizovat energetické nároky na zařízení. Obecně další vývoj pokračuje tak, že se snaží přidat broadcast, aktivně spravovat topologii a využívat nové (rychlejší) technologie přenosu.

11.2 Princip fungování technologie Bluetooth, piconety a scatternety, režimy SCO a ACL.

Technologie Bluetooth funguje v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz a dělí ho na 79 frekvenčních kanálů o šířce 1 MHz. Kvůli předcházení kolizím používá techniku FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum - přeskakování mezi frekvencemi) a přeskakuje 1600x za sekundu v pseudonáhodné sekvenci přeskoků, kterou určuje master zařízení (jedno vybrané zařízení v tomto piconetu). Obousměrný provoz je řešen pomocí TDD (Time Division Duplex), což je technika časového oddělení vysílání a příjmu (zařízení chvíli vysílá a chvíli přijímá).

Piconet je nejmenší síť - skupina uzlů WPAN, které se sjednotily na stejné posloupnosti přeskakování frekvencí. Tvoří ji jeden uzel „master“, který určuje posloupnost přeskoků, a nejvýše 7 uzlů jako „active slave“. Uzly (včetně mastera) jsou adresovány 3-bitovou adresou. V piconetu mohou být ještě uzly v režimu „parked“, které jsou adresovány 8-bitovou adresou a master je může vzbudit, nebo uzly v režimu „standby“, které adresu přiřazenou nemají a probouzejí se jen sami.

Scatternet je soustava několika propojených piconetů (piconety jsou propojeny když například jedno zařízení je ve dvou současně). Jednotlivé piconety ve scatternetu mají vlastní posloupnost přeskoků.

Režim SCO (Synchronous Connection Oriented) je tzv. „voice link“ a jedná se o plně duplexní dvoubodový spoj fungující na principu přepojování okruhů. Pracuje s kapacitou 64 Kbps. Je to prioritní režim a je určen hlavně pro hlasové přenosy (hands-free).

Režim ACL (Asynchronous ConnectionLess) je tzv. „data link“ a jedná se o point-to-point nebo point-to-multipoint spoj fungující na principu přepojování paketů o nominální rychlosti 1 Mbps. Je určen pro datové přenosy. Efektivní rychlost dosahuje 433,9 Kbps symetricky a 732,2 / 57,5 Kbps asymetricky.

11.3 Princip fungování technologie UWB a její vztah k technologii Bluetooth.

Technologie UWB (Ultra WideBand) je výsledkem snahy o nahrazení rychlých drátových spojení na krátkou vzdálenost bezdrátovými. Předpokládá propojování multimediálních zařízení, disků, počítačů atd. v dosahu jednotek metrů. Počítá s dosažením rychlosti až 480 Mbps.

Funguje na principu využívání velmi velké šíře frekvenčního pásma (více než 500 MHz) a to i v pásmech využívaných jinými technologiemi. Aby nenarušovala signál ostatních technologií, bude vysílat jen velmi malou silou, což na tak krátkou vzdálenost stačí.

S nasazením UWB se počítá u Bluetooth 3.0.

11.4 Základní principy technologie WiMAX a její srovnání s Wi-Fi.

Technologie WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je označení pro řadu technologií vycházejících ze standardů IEEE 802.16. Stejně jako Wi-Fi je WiMAX pouze nálepka pro zařízení, která prošla testy sdružení WiMAX Forum.

Byla vyvinuta pro bezdrátové překlenutí poslední míle na rozdíl od Wi-Fi, která je učena pro překlenutí posledních metrů. To znamená, že WiMAX je určen spíše providerům a Wi-Fi uživatelům. Co se využívání frekvencí týká, WiMAX může pracovat jak v licenčním, tak i v bezlicenčním pásmu, kdežto Wi-Fi je určen pro použití v bezlicenčním pásmu.

11.5 Vývoj WiMAXu (včetně pevného a mobilního WiMAXu).

Standardizací technologie WiMAX se zabývá skupina 802.16, která byla vytvořena pro standardizaci WMAN (Wireless Metropolitan Area Network).

První standard IEEE 802.16 (2002) se komerčně neuchytil hlavně kvůli potřebě přímé viditelnosti a použití vysokých frekvencí (10 - 66 GHz). Jedná se o řešení WMAN, ale není ještě považováno za WiMAX.

Druhý standard s označením IEEE 802.16a (2003) změnil parametry. Byl však zanedlouho revidován.

Revize druhého standardu je standard s označením IEEE 802.16 - 2004, který se neformálně označuje jako „fixed WiMAX” (pevný WiMAX). Používal nižší frekvence oproti první verzi a byl tak méně náchylný na rušení atmosferickými vlivy. Dokonce odstranil nutnost přímé viditelnosti. Označení „pevný” vychází z toho, že předpokládá pouze nomadickou mobilitu (koncové zařízení se může pohybovat, ale během pohybu nekomunikuje s WiMAX sítí).

Dalším standardem byl IEEE 802.16e (2005/2006), který se neformálně označuje jako „mobile WiMAX” (mobilní WiMAX). Tento standard předpokládá mobilitu uživatele (teoreticky do 150 km/h, reálně do 60 km/h) a využívá nižších frekvencí (do 6 GHz). U mobility bylo potřeba vyřešit způsob „předávání” mobilního zařízení mezi základnovými stanicemi a kompenzovat fyzikální jevy vycházející z pohybu.

11.6 Standardizace a certifikace WiMAXu.

První standardy IEEE 802.16 a 802.16a jsou předchůdci WiMAXu, ale nejsou za něj považovány.

Opravdový standard WiMAXu vzniká až revizí standardu IEEE 802.16a, která bývá označována 802.16d, al esprávné označení 802.16 – 2004. Neformálně se tomuto standardu říká „fixed WiMAX“, protože podporuje pouze nomadickou mobilitu.

Dalším krokem bylo vytvoření standardu IEEE 802.16e, který bývá označován jako „mobile

WiMAX“ a již předpokládá plnou mobilitu.

Protože WiMAX je jen nálepka (resp. Standard, který musejí splňovat zařízení, aby mohla být označena za WiMAX), existuje orgán, který toto označení uděluje a kontroluje splnění standardů. Tím je WiMAX Forum, které uděluje logo „WiMAX Forum Certified“. Problém byl ze začátku, když vyšel standard, ale ještě dlouhou dobu nebyla možná certifikace (nebylo zařízení kde testovat). Navíc se testují jen některá zařízení (pracující jen na některých frekvencích).

Od zařízení, které chce získat certifikát, se očekává reálný dosah 10 km (pro fixed) a 3 km (pro mobile) a reálná rychlost přenosu 40 Mbps/kanál (pro fixed) a 15 Mbps/kanál (pro mobile).

11.7 Scénáře možného nasazení technologie WiMAX.

Pro „backhaul“ - vytváření páteřních spojů, kde je konektivita dále distribuována. Např. Wi-Fi hotspot se připojí přes WiMAX do páteřní sítě.

Pro připojení koncové LAN - způsob překlenutí poslední míle (může být náhradou či alternativou k DSL).

Pro připojení nomadického uživatele - když uživatel využívá k přístupu do sítě více míst, ale při pohybu se nepřipojuje (bere si notebook z domova do práce apod.).

Pro připojení plně mobilního uživatele - uživatel může komunikovat i při pohybu (PDA, Netbook...), ale jen pokud je v dosahu mobilního WiMAXU.

11.8 Technologie WiBRO.

WiBRO (Wireless Broadband) je technologie s WiMAXem příbuzná, vytvořená v Jižní Koreji. Podle WiMAX Fora je to „Korejská implementace mobilního WiMAXu“. Pracuje v pásmu 2,3 - 2,4 GHz a používá techniku TDD (Time Division Duplex). Má agregovanou kapacitu 30 - 50 Mbps na základnovou stanici a dosah až 5 km. Podporuje mobilitu až do pohybu o rychlosti 120 km/h. Do budoucna si vytyčila za cíl dosáhnout rychlosti 100 Mbps na uživatele. Využití této technologie spočívá jak v hlasových službách, tak v datových přenosech a dokonce i multimediálních službách (mobilní TV).

11.9 Technologie IEEE 802.20 a její vztah k mobilnímu WiMAXu.

Technologie IEEE 802.20 je řešením mobilního broadbandu, která vznikla ještě dříve, než dostal zelenou mobilní WiMAX. Jejím cílem je konkurovat 2,5G a 3G mobilním sítím a dosáhnout „automobility“ (mobilita do rychlosti 250 km/h). Toto řešení vzniká od nuly a nenavazuje tedy na výsledky skupiny 802.16. Práce na této technologii se však zasekly a vydání standardu je v nedohlednu.

11.10 Technologie IEEE 802.22 a její přístup k využití frekvenčního spektra.

Skupina IEEE 802.22 se zabývá standardizací technologie pro WRAN (Wireless Regional Area Network; RAN je někde mezi WAN a MAN). V rámci IEEE je to nejmladší pracovní skupina. Cílem této technologie je znovu využít uvolněné TV kanály v pásmu UHF/VHF. Chce využívat „cognitive radio“, což je rádio bez pevně definovaných frekvencí, ty se určují podle aktuální situace, kterou zařízení neustále kontroluje. Předpokládá se architektura Point-to-Multipoint, tedy stavba základnových stanic, ke kterým se budou připojovat koncová zařízení. O monitoring frekvencí a dalších parametrů by se měly starat hlavně základnové stanice.

11.11 Vývoj mobilních technologií 3G, v rámci ITU, 3GPP a 3GPP2 (základní přehled).

Vývoj 3G technologií probíhá ve dvou směrech. Nejprve se jedním společným směrem vydala ITU (International Telecommunications Union), která pracovala na studii IMT2000. Protože práce na IMT2000 probíhaly pomalu, vznikla iniciativa 3GPP (Third Generation Partnership Project), jejímiž členy byly hlavně firmy, a která se vydala směrem k evropským standardům. Jejím cílem bylo dokončení vývoje 3G technologií, které jsou označeny jako „větve WCDMA” a nacházejí uplatnění hlavně v Evropě. Druhým směrem se vydala iniciativa 3GPP2, která se vznikla až po 3GPP a zabývala se vývojem „větve CDMA2000” využívané hlavně v USA.

11.12 Technologie UMTS (včetně WCDMA, HSDPA, HSUPA, LTE).

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) je označení jedné z 3G technologií založených na WCDMA (evropský směr). O její vývoj se postarala iniciativa 3GPP. Protože technologií UMTS nebylo dosaženo takových rychlostí, jaké byly původně v plánu, byla snaha vytvořit upgrade, který by tuto síť zrychlil. Výsledkem bylo HSPA (High-Speed Packet Access), které se skládá z HSDPA a HSUPA, jež jsou dvě technologie, které se mohou nasazovat buď samostatně nebo společně jako HSPA.

HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) je označení technického vylepšení rádiového přenosu, které na sítích UMTS dosahuje velkého zvýšení přenosové rychlosti na downlinku. Zvyšuje spektrální efektivitu o 300%.

HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) je technické vylepšení podobné HSDPA, ale je prováděno na uplinku. Zvyšuje spektrální efektivitu o 80%.

LTE (Long Term Evolution) je technologie navazující na UMTS, která de facto nahrazuje technologii WCDMA a funguje již na síti 4G (upouští od CDMA a přechází na OFDMA). Dokáže využívat techniky MIMO (více „chytrých” antén na zařízení). Cílem této technologie je dosáhnout 100 Mbps na downlinku, 50 Mbps na uplinku a udržet latenci kolem 10 ms. Počítá s možností využití frekvenčních kanálů různé šířky.

11.13 Technologie CDMA2000 a jejich vývoj.

Tato 2,5G (oficiálně 3G) technologie je nástupcem technologie druhé generace označované jako cdmaOne, která byla nasazována hlavně v Severní Americe. Na vývoji a standardizaci má zásluhu sdružení 3GPP2.

CDMA2000 1xEV-DO (... Evolution Data Optimized) je rozšíření technologie CDMA2000 optimalizované pro přenos dat a je již považována za plnohodnotnou 3G technologii stejně jako ostatní CDMA2000 rozšíření.

CDMA2000 1xEV-DV (... Evolution Data and Voice) je 3G rozšíření, které zvládá vedle přenosu dat také přenos hlasu. Toto řešení se však pro nezájem komerčního světa dále nevyvíjí.

CDMA2000 3xRTT je 3G rozšíření využívající širší frekvenční kanály.

UMB (Ultra Mobile Broadband) je výsledek snahy o další vylepšení technologie CDMA2000 pod taktovkou sdružení 3GPP2. Má v úmyslu z ní udělat 4G technologii. Plánuje použít OFDMA, FDD a MIMO. Měla by to být čistě IP síť s rychlostí downlinku 275 Mbps a uplinku 75 Mbps.