



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## DUM 10 téma: Technologie připojení

ze sady: 3                      tematický okruh sady: III. Ostatní služby internetu  
ze šablony: 8 - Internet                      určeno pro: 4. ročník  
vzdělávací obor: 26-41-M/01 Elektrotechnika - Elektronické počítačové systémy  
vzdělávací oblast: odborné vzdělávání  
metodický list/anotace: viz VY\_32\_INOVACE\_08310ml.pdf



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Domácí připojení k internetu

Být připojen k síti internet je dnes pro technicky zaměřeného člověka samozřejmostí, a to jak v zaměstnání, i doma. Zatímco oblasti páteřních linek a spojů jsou rozebrány v jiných kapitolách, domácí přípojky je téma natolik odlišné a komplexní, že zasluhuje bližší shrnutí.

### **Konektivita poskytovatele**

Původní myšlenka internetu – tedy nezávislá síť vzájemně dobrovolně propojených sítí fungovala dobře v akademické oblasti, kdy si instituce vzájemně vypomáhaly a zájemci o připojení stačilo najít nějakou již připojenou síť a propojit se s ní. Kapacity linek na všech úrovních byly velmi nízké (stovky kilobitů za sekundu) a především obsah se vyskytoval pouze jako čisté texty. Umožnit tranzit cizích dat skrz vlastní síť se bralo jako samozřejmost – ostatně jiná síť zase tranzitovala naše data dále. Takovým způsobem byla realizována i první internetová přípojka v ČR (tehdy ještě ČSFR, rok 1992) prostřednictvím sítě univerzity Linz.

S příchodem komerčního využívání internetu a firemních koncových uzlů již sítě dále nechtěly volně umožňovat tranzity dat a vyžadovaly placení za přípojky. Vznikají tak ISP – Internet Service Providers; internetoví poskytovatelé.

Úlohou, či lépe cílem a zájmem, takové firmy je zajišťovat zájemcům připojení k internetu za úplatu a převzít za něj starosti s technickým řešením takového připojení (zatímco dříve si musel zájemce vše postavit a dohodnout s partnery sám). Poskytované služby obsahují přidělení jedné nebo několika IP adres (dnes stále IPv4, někdy i IPv6), buď přímo z veřejného segmentu, nebo častěji ze segmentu vnitřních adres. Dalším úkolem ISP je zajistit doručování datagramů od svého zákazníka k uzlům v rámci zbytku internetu a zároveň přijímat z internetu zprávy určené pro adresu zákazníka. K tomu poskytovatel využívá další partnerské sítě, se kterými je ve smluvním vztahu a fyzicky je s nimi propojen.

Nejmenší regionální poskytovatelé („Tier 1“) disponují pouze jedinou linkou ke svému velkoobchodnímu poskytovateli – jehož jsou sami klientem. Svým zákazníkům tak vlastně jen předprodávají jeho služby - s marží). Takových poskytovatelů je většina a mimo svoji vnitřní síť jsou plně odkázáni na technologie a dohody jejich dodavatele (upstream provider, případně „Tier 2“ provider).

Tento větší poskytovatel většinou nepřipojuje koncové zákazníky, případně jen velké (banky, velké firmy atd.) a má realizovány propoje k dalším podobně velkým poskytovatelům.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Provoz jejich a svých zákazníků si tak vyměňují přímo. Případně jsou tito poskytovatelé propojeni v propojovacím (peeringovém) centru, kde si vyměňují data vzájemně ve větším počtu. V ČR se toto peeringové centrum jmenuje NIX.CZ. Výhodou lokálního propojení je zkrácení cesty mezi klienty jednotlivých poskytovatelů, lze totiž oprávněně předpokládat, že český klient ISP bude nejčastěji sledovat obsah poskytovaný klientem jiného, ale také českého, ISP.

Provoz nadnárodní a mezinárodní pak zajišťují Tier 1 poskytovatelé, což jsou firmy a sítě, které vlastně tvoří internet, jak ho známe. Především jsou to vlastníci a provozovatelé dálkových a podmořských kabelů, kteří umožňují mezinárodní komunikace. U nich nakupují Tier 2 ISP tzv. mezinárodní konektivitu. I tito poskytovatelé jsou mezi sebou propojeni, zajímavostí je že právě oni udržují původní systém volného (bezplatného) tranzitu dat pro cizí sítě. Objem dat, který právě jejich sítěmi prochází je tak obrovský, že prakticky nelze sledovat - jaká část je určena pro jejich přímé zákazníky a jaká pro zákazníky propojených sítí. Má se za to, že poměry vlastního a cizího provozu jsou mezi sítěmi vcelku podobné.

Těchto poskytovatelů je řádově 20-30, přičemž v ČR jsou k dosažení linky zejména Level 3, TeliaSonera a Cogent. Jakého z nich si Tier 2 poskytovatel vybere pro nákup zahraniční tranzitní konektivity, záleží pouze na jejich vzájemné dohodě, standardní ceníky neexistují, cena je vždy výsledkem mnohdy dlouhého a zajímavého jednání. ISP se rozhoduje i podle předpokládaných cílů požadavků svých zákazníků. Samotní Tier 1 ISP neumožňují přímé připojení koncových zákazníků ani Tier 3 ISP. Čistě z praktických důvodů, aby systém vzájemných smluv, dohod a často také gentlemen's agreement (džentlmenských dohod – smlouva domluvená ústně a stvrzená jen podáním ruky) fungoval v udržitelném rozsahu.

### ***Další služby poskytovatele***

Kromě zajištění směrování datagramů a IP adres, zajišťuje ISP koncovému zákazníkovi většinou také provoz dotazovacího DNS serveru, serverů přesného času NTP, poštovního odesílacího serveru SMTP a případně i serveru s poštovními schránkami přístupného přes IMAP či POP3.

Hlavním úkolem ISP vůči koncovému uživateli je ale vybudovat a udržovat v provozu fyzickou přípojku mezi sítí ISP a předávacím bodem u klienta. Hovoříme o „přístupové síti“ a linkách „poslední míle“ (last mile).



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### **Technologie last mile**

Tato oblast je technologicky nejsložitější, protože kombinuje zcela protichůdné požadavky, obtížně splnitelné všechny zároveň. Technologie přístupové sítě totiž:

- musí být dostatečně levná, aby ji zaplatili koncoví zákazníci (jedno zda přímo třeba aktivací, nebo rozloženou v měsíčních poplatcích za připojení)
- musí být dostatečně univerzální, aby ji bylo možno použít u většiny zákazníků (jak v paneláku, tak v rodinném domku; jak uprostřed velkoměsta, tak na samotě v lesích)
- ovšem musí být i dostatečně rychlá, aby uspokojila nároky uživatele (které jsou prakticky neomezené)
- a také rozumně spolehlivá a diagnostikovatelná, ale nevyžadovala pravidelný servis – jenž by se při počtech stovek a tisíců klientů stal velkou nákladovou položkou

Je zřejmé, že současné splnění všech podmínek je nerealizovatelné, proto ISP po dohodě s klientem vybere takovou technologii, kterou je klient ještě ochoten zaplatit a splňuje jeho požadavky.

Technologie přístupových sítí tak lze obecně rozdělit do skupin (podobně jako technologie lokálních sítí LAN, ostatně přístupové sítě jsou většinou budovány jako LAN):

- Metalické technologie
  - Ethernet na coaxialním či TP vedení
  - ADSL či VDSL po telefonních linkách a/b
  - PPPoE po CATV vedení (kabelová televize)
- Bezdrátové technologie
  - Ve sdílených pásmech – WiFi
  - V licencovaných pásmech - WiMAX, FWA, p2p
  - Bezvláknová optika FSO
- Optické kabely
  - Optická síť 1:1



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Pasivní optická síť PoN

Toto hrubé rozdělení postihuje většinu technologií dostupných u užívaných v ČR, starší technologie jako vytáčené připojení a ISDN, či okrajově používané satelity jsou vynechány.

### **Ethernet na coaxiálu či TP**

Představuje přímočaré řešení, kdy je LAN síť poskytovatele rozšířena až ke klientovi, a ten se vlastně stává jeho součástí. Nevýhodou je nutnost vybudovat novou síť v rámci budovy nebo obce, a malý dosah TP kabelů (100m). Aktivní prvky tak musí být umístěny poblíž bydliště klientů, což omezuje použitelnost na bytové domy a paneláky. I tak rostou servisní náklady, protože technici musí při údržbě a opravách objíždět jednotlivé domy.

Samostatným problémem je propojení domů mezi sebou, protože TP kabeláž se naprosto nehodí pro použití venku, zejména pak při převěšování mezi střechami a podobně, kdy je velmi ohrožena bouřkami. Uložení kabelu TP do země také není příliš vhodné, už jen z důvodů vzdálenosti a legislativních překážek.

Zcela nepoužitelná je tato varianta u dalece rozprostřených sídelních celků, kdy vzdálenosti mezi domy výrazně překračují 100metrů a odloučených samot.

### **ADSL či VDSL po telefonních linkách**

Tato technologie naopak využívá skutečnosti, že telefonní linku (dvojice drátů a/b) se v 90. letech podařilo zavést prakticky do každého obydlí a bytu v ČR, včetně vzdálených hájoven a zapadlých vesnic.

Problémem je, že telefonní linky nikdy původně určeny pro přenos digitálních dat, ale pouze pro omezené spektrum lidského hlasu. Technologie xDSL se snaží využívat tzv. „nadhovorového pásma“ 25-1000 kHz, které dvojice vodičů a/b většinou ještě dokáže přenášet s přijatelnými ztrátami a zkreslením. Zde ale velmi záleží na samotné fyzické kvalitě existujícího vedení, jeho stáří a pečlivosti techniků při jeho instalaci (třeba před 50 lety). Negativně se na výkonu projeví i opravy a narušení linky – pokud někdo v minulosti kabel přetrhl a byl napojován a podobně. Proto jsou rychlosti dosažitelné v xDSL velmi proměnné a nejvíce závislé na vzdálenosti uživatele od ústředny.

Zde mohou být překvapivě ve výhodě obyvatelé některých vesnic, kde se telefonní síť rekonstruovala nedávno, oproti městům, kde jsou telefonní rozvody v panelových domech po 40 letech za hranicí životnosti.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V ČR používaný standard ADSL označuje asymetrickou verzi, kdy je pro směr k uživateli (downstream) rezervována daleko větší šířka pásma, než pro směr od něj (upstream). Předpokládá se, že domácí uživatel bude pouze odesílat požadavky a naopak stahovat velké objemy dat. I proto se ADSL naprosto nehodí pro připojení serverů a podobně.

### **Využití CATV rozvodů**

Tato varianta má smysl v místech, kde byly vybudovány rozvody kabelové televize – nejčastěji tedy na sídlištích. Opět se jedná o používání existujícího vedení, které ale bylo určeno pro zcela jiné účely a pouze technickým zařízením jeho primární účel rozdělujeme či potlačujeme. Výhodou CATV oproti telefonním vodičům je vhodnost coaxiálních kabelů pro přenos vyšších frekvencí, a tedy i možnost dosažení vyšších rychlostí, často i symetrických (stejná hodnota upload/download). Problematický bývá stav těchto rozvodů a nejrůznější zásahy do nich. Zásadní je omezenost použití pouze na velká města a to ještě jen na jejich sídlištní části. Sítě kabelové televize se ve vilových čtvrtích či rodinných domcích z důvodu neekonomičnosti nebudovaly.

### **WiFi (802.11)**

Českým specifíkem a unikátem je používání technologie WiFi pro rezidenční (domácí) přípojky. Tato technologie náhrady lokálních metalických sítí bezdrátově byla určena pouze pro pokrytí několika málo metrů prostoru – jedné místnosti či patra. Její instalace na střechy domů a realizace spojů na kilometrové vzdálenosti je zcela nestandardní a tomu odpovídá i její ne zcela předvídatelné chování. Už vůbec standard nepočítal s problémem vzájemného rušení více provozovatelů, kterým dostupné frekvence nestačí, respektive se vzájemně překrývají.

Přes všechny uvedené problémy, je WiFi velmi populární formou zajištění přípojky – především pro její snadnou realizovatelnost. Bez ohledu na aktuální či předchozí stav vedení do/z objektu stačí k okamžitému připojení pouze přímá viditelnost na přístupový bod (AP Access point), což lze vyřešit umístěním AP na vhodný vysoký objekt a klientského zařízení na střechu. Relativně nízká cena WiFi technologií tak umožňují poskytovatelům realizovat takové přípojky s minimálními náklady, ovšem také s nízkou spolehlivostí a neschopností zákazníkovi cokoli garantovat. Problémem je i značná reže samotné technologie, kdy efektivní koncová rychlost je pouze zlomkem rychlosti linkové – například při linkové rychlosti 54 Mbit/s zůstane po odečtení provozních dat, opravných kódů, synchronizačních rámců a podobně pro uživatelská data v ideálním případě 20-30 Mbit/s; v případě rušení cizím vysílačem často i méně (6-10

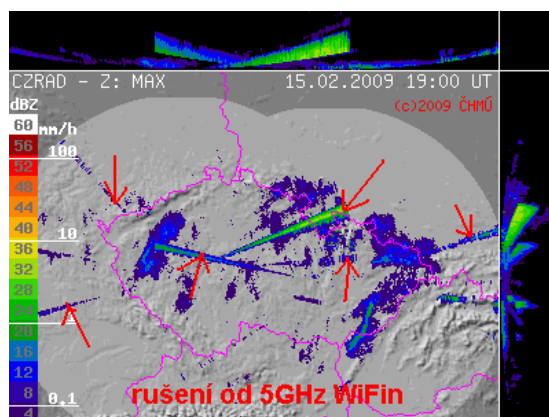
## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mbit/s, tedy kolem 1 MBajtu/s). Tento rozdíl pak způsobuje nedorozumění mezi klienty a poskytovateli.

Nové standardy 801.11n již reflektují časté umístování této technologie mimo budovy, do určité míry dokáží eliminovat vliv rušení a dosahují rychlostí desítek Mbit/s. Technologie WiFi má k dispozici několik frekvenčních pásem:

- 2,4 GHz pro použití uvnitř i mimo budovy s kanály, které se překrývají
- 5,2-5,3 GHz pro použití pouze uvnitř budov s nezávislými kanály
- 5,4-5,5 GHz pro použití uvnitř i mimo budovy, opět s nezávislými kanály
- 5,6 GHz pro použití pouze uvnitř budov

Krom toho jsou použita pásma sdílená s dalšími službami, které mohou přenosy dat dále rušit. Na druhou stranu použití WiFi v pásmu 5,5-5,6 GHz může narušit frekvence používané meteorologickými radary ČHMÚ.



**Obrázek 1 - Rušení meteor radaru technologií WiFi, zdroj <http://www.czfree.net/forum/showthread.php?p ostid=212137>**

## Licencovaná pásma

Jinou variantou bezdrátového připojení je využití koordinovaných „licencovaných“ radiových pásem. Zde koordináční orgán (ČTÚ) zájemcům za úplatu přiděluje frekvence a garantuje, že je nebude užívat nikdo jiný. V takovém případě lze realizovat i spolehlivé a garantované služby směrem k zákazníkům, s udržení ostatních výhod bezdrátových technologií.

V ČR je používána třeba technologie FWA/WiMAX v pásmu 3,5 GHz, jejíž kapacita ale už na dnešní dobu nedostačuje. Pro významnější zákazníky pak může poskytovatel osadit spoje typu bod-bod (p2p point-to-point), s kapacitami klidně stovky Mbit/s. Náklady na takovou linku ovšem rostou do řádu statisíců Kč.

## Bezvláknová optika FSO



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Je jistou formou kombinace bezdrátové radiové technologie a optického vlákna. Kombinuje výhody světla jako nosiče informace (vysoká kapacita, minimální rušení jinými zdroji a omezení odposlechu) a radiových technologií (okamžitá instalace bez nutnosti řešit prostor mezi zájmovými body).

Trpí však zásadními problémy, které její použitelnost omezují. Zejména vysokou cenou, omezeným dosahem (stovky metrů, výjimečně kilometr), značnou závislostí na počasí (v mlze či hustém dešti je linka zcela neprůchodná) a komplikovanou instalací (zaměření spoje je nutné provést s milimetrovou přesností na zcela pevném stanovišti či stožáru). Krom toho také umožňuje pouze spoje typu bod-bod.

V praxi se tato technologie instaluje pouze ve zvláštních případech, vždy spolu se zálohou jiné technologie (nejčastěji radiová či WiFi), která zajistí provoz i v období mlhy, sněžení či deště, třeba sníženou rychlostí.

### **Optické sítě 1:1 a PoN**

Aktuální technologií jsou optická vlákna. Jejich přenosová kapacita je prakticky neomezená (resp. daná pouze výběrem koncových prvků, které k vláknu připojíme) a při správně provedené instalaci životnost fyzická i morální v horizontu desítek let. Samotný princip přenosu signálu optickým vláknem je mimo rozsah této kapitoly, zjednodušeně světelný signál postupuje vnitřkem vlákna a odráží se přitom od jeho stěn. S moderními vlákny typu SM lze zcela bez problémů realizovat trasy v délce desítek až stovek kilometrů.

Nevýhodami této technologie jsou náklady – jak na samotný materiál, tak na jeho instalaci (zvláštní zacházení, ochranné trubky, školený personál, zvláštní nástroje a nářadí...). Jednou položená optická trasa je však investicí do daleké budoucnosti a i v ČR se postupně potkáváme s instalací optických vláken i do jednotlivých objektů nebo přímo bytů. Hovoříme o sítích FTTx čili Fiber-to-the... neboli vlákno-až-do a následované písmenem N,B,H,D, ve významu, jak daleko od koncového klienta přecházíme z optického vlákna na metalické vedení. Zda v sousedství budovy N (vlákno je ukončeno uprostřed sídliště a okruhu 100 metrů použit klasický UTP kabel), přímo v budově B (vlákno je dovedeno do každé budovy, zde se rozbíhají metalické kabely do bytů), až do bytu H (vlákno končí v chodbě a zařízení jsou připojena metalikou) nebo na stůl D (vlákno je zavedeno až do koncového zařízení).





evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ve variantě označované jako „sít' 1:1“ je v přístupové síti od technologie poskytovatele až ke koncovým bodům právě tolik vláken, jako celkem koncových bodů. Tedy stovky až tisíce. Tento přístup předpokládá na straně poskytovatele aktivní prvek pro každého uživatele samostatně, umožňuje naprostou kontrolu nad každou jednotlivou přípojkou ale je také extrémně nákladný.

Druhou variantou je pasivní optická síť – Passive Optical Network PoN. Ta využívá speciální pasivní optické prvky „splittery“, které umožňují, v závislosti na vlnové délce použitého světla, rozdělit příchozí signály z jednoho vlákna do několika vláken výstupních. Zpětně pak i jednotlivé zpětné signály sloučit zpět do jednoho vlákna.

Těchto splitterů (rozbočovačů) je možno řadit i několik za sebou a jediné příchozí vlákno tak rozbočit třeba na 128 zakončení. Materiálová úspora je zřejmá – do bytového domu s 90 byty stačí převést jedno vlákno místo 90 a až v něm provést rozbočení (pasivním, tedy bezúdržbovým prvkem). Na straně poskytovatele také stačí několik málo aktivních prvků (PoN head-end) pro obsluhu stovek či tisíců klientů.

Jistou nevýhodou je horší možnost diagnostiky poruch, kdy při výpadku vlákna bude závadou postiženo hned několik (desítek i stovek) zákazníků.

V obou typech sítí je, díky obrovskému přebytku kapacity optického vlákna, možné provozovat jakékoliv služby mimo přenosu dat – nejčastěji i sledování televize, telefonování, atd. Technologie založené na optických vláknech jsou pro většinu poskytovatelů cílovými a prosazují se stále častěji i v menších městech a obcích.

## Úkoly pro samostatnou práci

- zhodnoťte jakou technologií je realizována Vaše domácí přípojka k internetu; pocít'ujete výhody a nevýhody této technologie, případně jak
- jaké další technologie připojení jsou v okolí Vašeho bydliště k dispozici, proč jste se rozhodli je nevyužívat
- vyhledejte v nabídkách ISP a vysvětlete termín agregace a FUP



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zdroje:

- ♣ Archiv autora
- ♣ CHMI. *czFREE.net fórum* [online]. [cit. 4.3.2013]. Dostupný na WWW:  
<http://www.czfree.net/forum/showthread.php?postid=212137>