
0. Čítanka, doprovodné informace

PA 151 ◊ Soudobé počítačové sítě
(mobilní a bezdrátové komunikace a sítě)

Jan Staudek



Verze : jaro 2004

<http://www.fi.muni.cz/usr/staudek/vyuka/PA151>

Cíl této série slíd

- Tento soubor slíd obsahuje některé informační zdroje, které nebyly použity přímo při přípravě obsahu předmětu pro JS 2004, ale přednášející je přesvědčen, že
 - ✓ obsahují mnoho informací, které by měly být implicitně známé při studiu PA151
 - ✓ jejich znalost usnadní orientaci kontextu mobilních komunikací
 - ✓ bylo by škoda je znehodnotit jen proto, že vznikly při přípravě obsahu předmětu pro JS 2003 a nyní nebyly automaticky zařazeny do materiálů pro JS 2004

Druhy telekomunikačních sítí

Ilustrace typové bohatosti, nedisjunktní klasifikace !

- Role ISO RM OSI
- Veřejná telefonní síť, PSTN
- Datová síť, PDN
 - ✓ CSPDN, Circuit Switched PDN, ... s přepojováním okruhů
 - ✓ PSPDN, Packet switched PDN, ... s přepojováním paketů
- ISDN, Integrated Services Digital Network
- B-ISDN - Broadband ISDN - širokopásmová ISDN, sítě ATM
- Bezdrátové – wireless – sítě
 - ✓ pevné bezdrátové sítě, mobilní sítě
- Počítačové sítě (LAN, MAN, WAN)
- Internet, . . . , . . .

Veřejná telefonní síť, PSTN

- **Public Switched Telephone Network**
- Služby, zejména hlasové, realizuje v reálném čase
- Původní řešení PSTN – přenosu analogových dat (hlasu) analogovým signálem
- šířka (telefonního) pásma 300–3400 Hz
- komutované (přepojované) okruhy, (**circuit switching**)
- Koncová zařízení, místní, uzlové, tranzitní ústředny, národní a mezinárodní telefonní síť, číslovací plán
- Současné PSTN – s výjimkou spojů místní ústředna–účastník jsou plně digitalizované
- Ex. techniky přenosu digitálních dat analogovým signálem
- Pro Internet PSTN poskytuje přenosu na velké vzdálenosti

Notes to slide: Veřejná telefonní síť, PSTN

Veřejná telefonní síť, PSTN, představuje souhrn technických prostředků určených pro přenos a spojování provozu koncových zařízení připojených na **veřejné telefonní ústředny**. Garantuje propojení libovolné dvojice účastníků PSTN. Umožňuje služby, zejména hlasové, realizovat v reálném čase. Využívá **komutované (přepojované) okruhy s šířkou (telefonního) pásma 300–3400 Hz**. Člení se na národní a mezinárodní telefonní síť. **Mezinárodní telefonní síť** slouží na propojování národních sítí. Je organizovaná do tří hierarchických úrovní se světovými tranzitními ústřednami CT1 (Centres de Transit), a mezinárodními tranzitními ústřednami CT2 a CT3. V ČR je CT2 v Praze a CT3 v Brně. **Národní telefonní síť** bývají rovněž členěny do několika hierarchických úrovní. Nejnižší úroveň tvoří přístupové síť **místních ústředn** (LE, Local Exchange), někdy sdružené do skupin, tzv. **velkoměstských sítí**. Místní ústředny jsou připojeny k vyšší úrovni národní sítě, k **meziměstské síti**, která je v ČR je pouze jedna – **tranzitní meziměstská síť**. **Koncová zařízení** veřejné telefonní sítě jsou číslována podle **číslovačného plánu**. Veřejnou telefonní síť se pro účely číslovačného plánu rozumí pevné, mobilní i virtuální veřejné telekomunikační síť včetně sítí **ISDN**, umožňující jednoznačné adresování všech účastníků evidovaných na území státu. Každé **účastnické číslo** má ve veřejné telefonní síti jedinečnou numerickou adresu bez ohledu na to, zda je připojeno do pevné nebo mobilní telefonní sítě nebo je adresováno číslem přídatné služby ve virtuální síti. Původní řešení PSTN bylo založeno na přenosu analogových dat (hlasu) analogovým signálem, V současnosti jsou PSTN s výjimkou koncových spojů místní ústředna–účastník plně digitalizované. Byly vyvinuty techniky přenosu digitálních dat analogovým signálem a PSTN lze využívat i pro přenos dat. Pro Internet PSTN plní roli typického reprezentanta přenosu na velké vzdálenosti. Protože poskytovatelé internetových služeb (ISP) poskytovatelům přenosu na velké vzdálenosti za přístup do jejich infrastruktur platí a pomocí techniky přepojování paketů umožňují okruhy sdílet více uživatel, uživatelé Internetu platí pouze svému IPS.

Datová síť, PDN (Public Data Network)

- určena pro přenos digitálních dat
- pakety
- přepojování paketů (**packet switching**)
- privátní datová síť
- veřejná datová síť
- X.25, Frame Relay

Notes to slide: Datová síť, PDN (Public Data Network)

Datová síť, PDN (Public Data Network)

Síť, která je určena pro přenos digitálních dat, „naporcovaných“ do vhodně velkých celků (kterým se obvykle říká **pakety**) a přenášených po těchto celcích. Takovýto způsob přenosu, tedy po paketech a nikoli souvisle po jednotlivých bitech a bytech, je dnes zřejmě hlavním rozdílem mezi datovými a hlasovými sítěmi – protože i síť pro přenos hlasu dnes fungují digitálně, neboli přenáší digitální (číslicová) data, ale v zásadě jako souvislý „proud“ bitů či bytů, který nemusí být členěn na žádné celky charakteru paketů. Vezmeme-li si na pomoc odbornou terminologii, je dnes hlavní rozdíl mezi datovou sítí a sítí hlasovou zřejmě v tom, že datová síť funguje na principu **přepojování paketů (packet switching)**, zatímco síť hlasová funguje na principu **přepojování okruhů (circuit switching)**.

Privátní datová síť je datová síť, kterou si určitý subjekt buduje, provozuje a také využívá sám. Typickým příkladem mohou být síť, které si budují subjekty s pracovišti dislokovanými v různých lokalitách, za účelem propojení lokálních sítí v těchto lokalitách). Protipólem privátní datové sítě je datová síť **veřejná datová síť**. Jak její přívlastek naznačuje, je to síť otevřená veřejnosti, která nabízí své služby spočívající v přenosu dat. Uživatelům takovéto sítě se skutečně může stát kdokoli, kdo o to má zájem a je ochoten za to zaplatit, resp. přistoupit na podmínky toho, kdo takovouto síť provozuje. Provozovatelem přitom bývá takový subjekt, který svou datovou síť nepoužívá – vlastní ji a provozuje především proto, aby její služby mohl poskytovat na komerční bázi jiným subjektům. Více o pojmu datová síť a o principech jejich činnosti viz

J. Peterka, Co jsou datové sítě, <http://www.earchiv.cz/b00/b0003001.php3>

Síť ISDN, B-ISDN, ATM

- ISDN, Integrated Services Digital Network
 - ✓ konvergovaná síť, pro potřeby telekomunikací i počítačů
- B-ISDN, Broadband ISDN
 - ✓ širokopásmové síť ISDN, vysokorychlostní síť ISDN, navíc přenos obrazu
 - ✓ ATM, Asynchronous Transfer Mode
 - ✓ statistický multiplex, přenos buněk
 - ✓ přepojování virtuálních okruhů (cest)
- ISDN / ATM – „mrtvé“ technologie
 - ✓ Teprve třetí pokus o vybudování „konvergované“ sítě, na bázi **datových sítí s protokolem IP**, se zdá být úspěšný.

V pozadí vzniku sítí ISDN byla myšlenka použít pro potřeby telekomunikací i počítačů pouze jednu společnou tzv. **konvergovanou** síť, vyhovující potřebám obou těchto světů. ISDN je klasickou veřejnou telefonní sítí, která přešla na plně digitální provoz – nejen uvnitř sebe, v rámci ústředny a mezi nimi, ale také na účastnických přípojkách až k samotným koncovým uživatelům. Záměr, učinit z ISDN sítí tzv. **konvergované sítě**, se ale nezdařil. Dalším nepříliš úspěšným pokusem na této cestě, byly **sítě ATM**, původně budované jako přenosová infrastruktura tzv. **širokopásmových sítí ISDN (B-ISDN, Broadband ISDN)**. Nesmyslnost nápadu prosadit síť ISDN do lokálních sítí, s jejich kanály 64 kbp/s, vedla k prohlášení klasické ISDN za „úzkopásmovou“ (**N-ISDN, Narrowband- ISDN**) a k vytvoření **vysokorychlostní ISDN (B-ISDN)**. B-ISDN již nemohla fungovat nad klasickou telefonní sítí, byť plně digitální, protože tato neskýtala dostatek přenosové kapacity. Proto vznikly sítě ATM fungující na principu, který je označován jako **statistický multiplex**, a je velmi blízký tomu, co se označuje jako **přepojování paketů** (packet switching): dostupná přenosová cesta je rozdělena na pevně velké části, **buňky (cells)**, ale tyto nemají pevné přiřazení. To znamená, že není předem jasné, komu patří obsah té které buňky. Proto musí každá buňka explicitně identifikovat svůj obsah, prostřednictvím tzv. **hlavičky (header)**, jejíž existence samozřejmě zvyšuje režii přenosu. Na druhou stranu možnost přiřadit buňku tomu, kdo ji právě potřebuje (a ne dopředu někomu, kdo ji třeba nevyužije), vede na mnohem efektivnější využití celkové dostupné přenosové kapacity, než jaké umožňuje **časový multiplex**. Více o pojmu ISDN a ATM viz J. Peterka, **Co je a k čemu lze použít ISDN?**, <http://www.earchiv.cz/b01/b0600008.php3> a **ATM – technologie která nezvítězila**, <http://www.earchiv.cz/b02/b0300021.php3>. (Teprve třetí pokus o vybudování „konvergované“ sítě, na bázi **datových sítí s protokolem IP**, se zdá být úspěšný.)

- LAN (Local Area Network)
- MAN (Metropolitan Area Network)
- WAN (Wide Area Network)
- Internet

- ◊ **LAN (Local Area Network)** – lokální síť s vysokou přenosovou rychlostí a propustností, pro propojení počítačů v rámci jedné či několika budov, se sdílením přenosové kapacity, s dosahem řádově stovky metrů až jednotky kilometrů, ve vlastnictví jedné organizace, koncové uzly lze vypínat bez ohrožení chodu zbytku sítě.
- ◊ **MAN (Metropolitan Area Network)** – metropolitní síť, s relativně vysokou přenosovou rychlostí, avšak nižší propustností, s dosahem řádově desítky kilometrů, ve vlastnictví síťových operátorů, s nepřetržitým provozem síťových uzlů.
- ◊ **WAN (Wide Area Network)** – rozlehlé síť často s nižší přenosovou rychlostí (až na vysokorychlostní optické páteře), avšak s ještě nižší propustností, s dosahem řádově stovky až tisíce kilometrů, ve vlastnictví jednoho i více síťových operátorů, s nepřetržitým provozem síťových uzlů. Příkladem mohou být sítě ISDN, ATM, X.25, Frame relay a další.
- ◊ **Internet** – celosvětová datová síť vzájemně propojující počítačové sítě různých organizací, příp. i soukromých osob. Základní vlastností všech zařízení připojených do sítě Internet je, že využívají sadu **protokolů TCP/IP**. Z toho vyplývá i jednotná adresace v celé síti pomocí **IP adres**. Sada protokolů TCP/IP umožňuje propojit různé přenosové technologie, a tak vybudovat heterogenní síť. Další důležitou vlastností Internetu je hierarchická struktura sítě, která je velmi důležitá pro správu tak rozsáhlého systému. Sada protokolů TCP/IP obsahuje pouze podporu přenosu informací přes Internet a je zcela otevřená z hlediska síťových aplikací využívající tyto přenosové protokoly.

- přenášejí signál elektromagnetickými vlnami etérem
- (radio)telegrafie
- pagery
- mobily
- **Global Positioning System (GPS)**
- **bezšňůrové (cordless) periferie počítačů**
- **dálkové ovladače domácí elektroniky** – videa, televize, FM rádia, hi-fi souprav,
- **dálkové ovladače garážových dveří**
- **two-way radiostanice, baby monitory,**
- **satelitní televize, . . .**

Bezdrátové (wireless) komunikační sítě – rozmanitost, 2

- bezdrátové LAN
- **Global System for Mobile Communication (GSM)** – de facto evropský standard digitální mobilní telefonie,
- **General Packet Radio Service (GPRS)** – paketově orientovaná komunikační služba, poskytuje z mobilních telefonů a počítačů propojení na Internet,
- **Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)** – širokopásmový paketově orientovaný systém, nabízející mobilním telefonům a počítačům konzistentní balík služeb,
- **Wireless Application Protocol (WAP)** – sestava komunikačních protokolů přístupu k Internetu, ...
- **i-mode** – japonský pokus o inovaci myšlenek iniciovaných tvůrci WAP do roviny barev, videa apod

Notes to slide: Bezdrátové (wireless) komunikační sítě 1 a 2

přenášejí signál částí nebo celou komunikační sítí elektromagnetickými vlnami etérem, nikoli pomocí nějakého vodiče. Takto se ale také označují některá monitorovací zařízení (např. bytový alarm), která využívají akustické vlny o frekvencích mimo rozsah lidského sluchu. První **bezdrátové (wireless) vysílače** z počátku 20. století se používaly pro **(radio)telegrafii** – používaly Morseův kód. Jakmile zvládnutí **modulačních technik** umožnilo přenášet hlas a hudbu, začalo se toto médium nazývat **rádio**. S příchodem televize, faxu, datových komunikací a po zvládnutí účinného využití velké části spektra, se obnovilo používání pojmu **bezdrátový – wireless**. Jako příklady soudobých bezdrátových komunikačních zařízení lze uvést **mobily** a **pagery** – poskytují konektivitu přenosným a mobilním aplikacím, **Global Positioning System (GPS)** – umožňující řidičům, kapitánům lodí, pilotům nebo také třeba horolezcům určit svoji polohu ať jsou kdekoli na světě, **bezšňůrové (cordless) periferie** počítačů – např. myš, klávesnice, tiskárna apod., **bezšňůrové (cordless) telefonní přístroje** – zařízení s omezeným dosahem (nesměšovat s pojmem mobilní telefon), **dálkové ovladače domácí elektroniky** – videa, televize, FM rádia, hi-fi souprav, **dálkové ovladače garážových dveří** – jedno z nejstarších bezdrátových zařízení operující obvykle na rádiových frekvencích, **two-way radioostance**, **baby monitory**, **satelitní televize**, **bezdrátové LAN**, **Global System for Mobile Communication (GSM)** – digitální systém mobilní telefonie, de facto evropský standard bezdrátové mobilní telefonie, **General Packet Radio Service (GPRS)** – paketově orientovaná bezdrátová komunikační služba, která poskytuje uživatelům mobilních telefonů a počítačů propojení na Internet, **Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)** – celosvětový širokopásmový paketově orientovaný systém nabízející uživatelům mobilních telefonů a počítačů konzistentní balíček služeb, **Wireless Application Protocol (WAP)** – dnes již částečně vyčihlá sestava komunikačních protokolů standardizujících přístup k Internetu, např. z mobilních telefonů, **i-mode** japonský pokus o inovaci myšlenek WAP do roviny barev, videa

Bezdrátové (wireless) komunikační sítě, 3

- **Fixed wireless** – pevné bezdrátové sítě
Bezdrátový širokopásmový modem, pevné připojení k síti
- **Mobile wireless** – mobilní bezdrátové sítě
stanice v dopravních prostředcích, napájených často bateriově, transparentně přemístitelná v rámci bezdr. sítě
 - ✓ **Portable wireless** – přenosné bezdrátové
- **Public Land Mobile Network, (PLMN)**
 - ✓ generický pojem, ex. mnoho typů PLMN,
 - ✓ 1990 – 11 miliónů uživatelů PLMN, 2004 – miliarda
 - ✓ v 1996 po prvé počet nových mobilních uživatelů přesáhl počet nových pevných uživatelů
- 2007: 1,5 miliardy uživatelů Internetu, 60 % wireless

Bezdrátové (wireless) komunikační sítě, 4

- bezdrátové spoje pracujících na radiových frekvencích – **radio-frequency (RF) wireless links**,
- **IR wireless**, optické – infračervené bezdrátové systémy
 - ✓ na krátké a střední vzdálenosti, přenášejí data pomocí **IR (infrared, infračerveného) záření**.
 - ✓ **LOS, line-of-sight** systémy, mezi zdrojem a cílem musí být přímá viditelnost
 - ✓ systémy pracující v **difusním módu (scatter mode)**, dálkové ovladače TV, požadují zdroj a cíl v 1 místnosti
 - ✓ IR je elmag energie na vlnových délkách o něco delších než je vlnová délka červeného světla, leží mezi viditelným červeným světlem a radiovými vlnami, neprochází zdmi

Kategorii **bezdrátové** lze dále dělit na

- ◇ **Fixed wireless – pevné bezdrátové**
Domácí nebo kancelářská bezdrátová zařízení nebo systémy, zvláště pak zařízení připojená k Internetu specializovanými modemy. Bývají napájená ze sítě. Mívají vyšší účinnost a používají větší šířku pásma než mobilní a přenosná bezdrátová zařízení. Pevná bezdrátová spojení s Internetem mají již dlouhou historii. Ve druhé polovině 20. století se začali propojovat do telefonních spojů účastníci jak s pevnými přístroji, tak i s mobily i přenosnými two-way radiostanicemi. Bezdrátový širokopásmový modem obchází telefonní systém a poskytuje až o dva řády rychlejší přístup k Internetu než datové spojení via kroucený dvoudrát nebo via modemy v mobilech. Účastníka lze přidat nebo zrušit v jistých mezích bez modifikace infrastruktury, ke vzdáleným účastníkům není potřeba klást kabely. Bezdrátoví účastníci mají dostupnou poměrně velkou šířku pásma.
- ◇ **Mobile wireless – mobilní bezdrátové**
používání palubních bezdrátových zařízení nebo systémů typicky v motorových dopravních prostředcích napájených často baterií
- ◇ **Portable wireless – přenosné bezdrátové**
provozování autonomních bateriových bezdrátových systémů mimo domov, kancelář či dopravní prostředek

- ◇ Bezdrátové sítě mobilních a přenosných zařízení **Public Land Mobile Network**, (**PLMN**),
 - PLMN může fungovat jako samostatný systém, často se ale propojuje s pevnými komunikačními systémy, typicky s PSTN. Typickým účastníkem PLMN je osoba s mobilem. Ideální PLMN poskytuje svým účastníkům stejné služby jako pevná síť. PLMN jsou vhodné pro regiony s nepravidelným terémem, resp. s urbanistickými uspořádáními, ve kterých je obtížná viditelnost na základny pevných sítí a ve kterých se vyskytují nesčetné zdroje záření na rádiových frekvencích (radio-frequency, RF). PLMN požadují prosazování speciálních bezpečnostních opatření (např. čipové karty podporující kryptografii a aplikaci biometrických autentizačních funkcí), poněvadž bezdrátové systémy jsou náchylnější na neautorizovaný odposlech a neautorizovaný přístup než systémy na bázi pevných sítí. Ex. mnoho typů PLMN
 - počty uživatelů mobilní komunikace: 1990 – 11 miliónů, 2004 – miliarda
 - v 1996 po prvé počet nových mobilních uživatelů přesáhl počet nových pevných uživatelů
- ◇ **IR wireless, optické – infračervené bezdrátové systémy**
používání zařízení, která v některých komunikačních a řídicích systémech s omezeným dosahem, tj. na krátké a střední vzdálenosti, přenášejí data pomocí **IR** (infrared, infračerveného) záření. Pokud mezi zdrojem a cílem musí být přímá viditelnost, jedná se o **LOS**, **line-of-sight** systémy. Provozují se i systémy pracující v **difusním módu** (**scatter mode**), např. dálkové ovladače TV, které požadují pouze, aby zdroj a cíl byl v jedné místnosti apod. IR je elmag energie na vlnových délkách o něco delších než je vlnová délka červeného světla, leží mezi viditelným červeným světlem a rádiovými vlnami.

◇ **...IR wireless, optické – infračervené bezdrátové systémy**

IR technologie se často považuje za optickou technologii, hardware a principy jsou podobné, IR technologie se ale týká „neviditelného“ světla, optické technologie se týkají „viditelného“ světla. Používá se např. v detektorech vniknutí do prostoru, v ovladačích domácí elektroniky, v ovladačích robotů, v bežešňurových mikrofonech, ve sluchátkách, v rozhraních tiskáren, modemů, myší apod.

Na rozdíl od bezdrátových spojů pracujících na rádiových frekvencích, **radio-frequency (RF) wireless links**, IR záření neprochází např. zdmi. To na jedné straně je omezením, na straně druhé tato vlastnost přispívá k bezpečnosti, která je bývá díky obtížnosti odposlechu vyšší než u běžných vodičově orientovaných nebo jiných bezdrátových technologií.

Co se rozumí mobilním prostředím?

- **mobilita** – pohyblivost, pojízdnost
- **Mobilita zařízení**
 - ✓ mezi různými geografickými umístěními, mezi různými sítěmi
- **Mobilita lidí**
 - ✓ mezi různými geografickými umístěními, mezi různými sítěmi, mezi různými komunikačními zařízeními, mezi různými aplikacemi, . . .
 - ✓ požaduje se – rychlá bezdrátová širokopásmová komunikační síť pro hlas i data vč. multimédií, připojení 24x7, jednotná autentizace, snadnost synchronizace dat v různých zařízeních

Notes to slide: Co se rozumí mobilitním prostředím? – Mobilita zařízení

- ◇ zapojování notebooku doma/v zaměstnání do sítě Ethernet
 - občasná dlouhá přerušení přístupu k síti
 - zachovává se „drátový“ přístup (Wired network access), co je připojeno, je připojeno „dobře“
 - mění se síťová adresa, zachovává se ale typ síťového rozhraní
 - potřeba přístupu k informacím v době nedostupnosti sítě vede k lokálnímu „křečkování“ informací
- ◇ mobilní telefon s přístupem do buňkové „bezdrátové“ sítě
 - trvalá konektivita
 - číslo telefonu se zachovává (je to síťová adresa vysoké úrovně)
 - výkon sítě se může v různých místech lišit
- ◇ Lze využít předností obou světů ?
 - trvalost konektivity bezdrátových sítí,
 - výkon lepší sítě z dostupných sítí
- ◇ notebook přemísťovaný mezi Ethernetem a buňkovou „bezdrátovou“ sítí
 - střídání drátového a bezdrátového přístupu / připojení, možná přerušování dostupnosti služeb, mění se síťová adresa, radikálně se mění výkon sítě v různých sítích

Notes to slide: Co se rozumí mobilitním prostředím? – Mobilita lidí

- ◇ mezi telefony na pevných sítích (doma, v práci)
 - jednomu člověku může odpovídat více telefonních čísel,
 - dosažitelnost nemusí být kontinální
- ◇ používání mobilního telefonu
 - jednomu člověku odpovídá jedno telefonní číslo,
 - dosažitelnost je kontinální, kvalita může být horší a připojení dražší
 - pro dosažení kvalitnějšího připojení lze používat více čísel/adres
 - volba adresy může záviset na zařízení vysílající strany, obsahu zprávy,

Mobilita vyžaduje změny v mnoha pohledech

- Hardware musí být lehčí a přitom robustnější, musí vyžadovat menší příkon
- Kvalitu bezdrátové komunikace vesměs nelze vyladit na kvalitu stacionárního přístupu
- Síťové protokoly musí respektovat změny jmen, prodlev, chybovosti, ceny, konektivity, síťových rozhraní, šířky pásma
- Nemusí být vždy dosažitelná vysoká preciznost (věrnost přenosu)
- Ztráta uvědomování si lokality – transparentnost není vždy žádoucí

Mobilita vyžaduje změny v mnoha pohledech, 2

- Jména/adresy koncových míst (čísla telefonů, IP adresy) se mohou měnit
 - ✓ není problém podpory mobility „v dolních vrstvách“, zabezpečují pouze technické služby přenosu dat
 - ✓ jedná se o problém „síťové vrstvy“ – aktualizace pozice, dynamika směrování (v IP sítích protokol **Mobile IP**)
- Je potřeba uplatnit jiný pohled na bezpečnost
 - ✓ jsou potřebné jednodušší algoritmy
 - ✓ autentizace koncového místa je obtížnější
 - ✓ zařízení jsou zranitelnější

Nastává bezdrátový věk

- Guglielmo Marconi vynalezl **bezdrátový telegraf** v r. 1896
 - ✓ komunikace kódováním alfanumerických znaků analogovým signálem
 - ✓ signál se vysílal přes Atlantický oceán (1800 mil)
- Milníky rozvoje bezdrátové komunikace
 - ✓ **telegraf, rádio, televize**, 1. polovina XX. století
 - ✓ **komunikační satelity**, od 60. let
 - ✓ **mobilní telefonie**, od konce 80. let
 - ✓ **bezdrátové počítačové sítě** (WAN, LAN), od 90. let

Notes to slide: Nastává bezdrátový věk

- ◊ 60. léta XX. století – byly vypuštěny **komunikační satelity**
 - první satelit – 240 hlasových kanálů
 - v současnosti satelity přenášejí cca 1/3 všech hlasových kanálů a veškeré televizní mezinárodní přenosy
 - typicky cca 1/4 s zdržení přenosu – vysoko-orbitální satelity (36 000 km)
 - připravují se nízko-orbitální satelity pro datový přenos / Internet (bez zdržení)
- ◊ **mobilní telefonie**
 - z počátku na analogové bázi, v současnosti převládlo používání digitálních technologií
 - podstatou je rozdělení geografického teritoria, na kterém příslušný operátor poskytuje své služby, na vhodné velké části, **regiony** (označované jako **buňky, cells**), uspořádané tak, že když v jedné části (buňce) jsou používány určité konkrétní frekvence, žádná z bezprostředně sousedících částí (buněk) již tyto frekvence nepoužívá (používá jiné frekvence). V praxi se nejčastěji používá uspořádání se šestihrannými buňkami uspořádanými do vzoru který připomíná plástve medu
 - sousední regiony se vzájemně neruší, používají odlišná pásma kmitočtů
 - abonent si vyhledává „nejbližší“ základnu, základny komunikují mezi sebou předávají si informace o okamžité lokalitě abonenta
 - mobilní zařízení obecně pracuje pouze v jednom prostředí vymezeném sítí jednoho operátora

Báze pro bezdrátové síťování

- **mobilní IP**
 - ✓ uživatel je připojen k 1 nebo k více aplikacím Internetu, mění si místo připojení a udržují se mu všechna spojení bez ohledu na konkrétní místo připojení.
Protokol **Mobile IP**, RFC 2002.
- **a mobilní přístup k Internetu (WAP)**
 - ✓ podpora bezdrátového síťování na aplikační úrovni, komunikace mezi mobilním terminálem a serverem instalovaným v mobilní síti

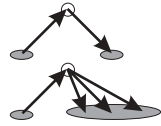
Notes to slide: Báze pro bezdrátové síťování

- ◊ mobilní IP a mobilní přístup k Internetu (WAP)
 - mobilní IP – uživatel je připojen k jedné nebo k více aplikacím na Internetu, mění si místo připojení a udržují se mu všechna spojení bez ohledu na konkrétní místo připojení. Internetovský protokol navržený pro podporu takové mobility koncových počítačů (hosts) je protokol **Mobile IP**, RFC 2002. Umožňuje uživateli se připojit se svým notebookem/palmtopem k Internetu kdekoliv, aniž by ztratil svoji domovskou adresu.
 - Wireless Access Protocol (WAP) definuje standardizovaný způsob komunikace mezi mobilním terminálem a serverem instalovaným v mobilní síti (v zásadě v jakékoli mobilní síti). Uživatel má ve WAP k dispozici velmi univerzální prezentační prostředek, který může být beze změny použit pro zpřístupnění nejrůznějších různých aplikací. Velmi důležitým aspektem WAP-u je jeho nezávislost na konkrétním přenosovém mechanismu. Pod protokol WAP lze „podložit“ prakticky cokoliv, co v (mobilní) síti dokáže přenášet data, WAP je provozován „nad“ různými přenosovými mechanismy. Pro mobilní přístup k Internetu a Webu podporuje přístup mobilních uživatelů k telefonii a k informačním službám vč. Internetu a Webu a mohou jej využívat jak bezdrátové telefony, tak i pagery nebo PDA (Personal Digital Assistants). Více o pojmu WAP a principech jeho činnosti viz opět **J. Peterka, Data v mobilních sítích**, <http://www.earchiv.cz/a008s200/a008s200.php3>

Báze pro bezdrátové síťování, 2

□ satelitní komunikace

✓ 1:1 (point-to-point link)

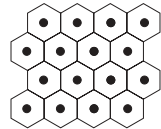


✓ 1:n (broadcast link)

✓ podpora mobility s maximálním pokrytím a dosahem, pomalá, drahá, jen venkovní dostupnost

□ buňkové bezdrátové sítě

✓ **cellular wireless networks**,



✓ implementace mobilních systémů, PLMN

✓ podpora mobility v rámci GSM/GPRS sítí a UMTS sítí

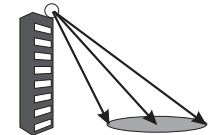
Báze pro bezdrátové síťování, 3

FWA, Fixed Wireless Access

□ bezšňurové systémy, **cordless systems**
radio in the loop (RITL) nebo **fixed-radio access (FRA)**
umožňují mobilitu na krátkou vzdálenost od základnové stanice BS od desítek metrů do stovek metrů.

□ bezdrátová místní smyčka, **Wireless Local Loop (WLL)**
last mile connectivity

IEEE Standard 802.16, r. 2001
bezdrátové pokrytí úřadu, sídliště,
metropolitní aplikace, MAN



✓ problém **LOS**, **Line of Sight**, potřeba přímé viditelnosti

✓ nezávislost na licenčních podmínkách poskytuje použití bezdrátových LAN pro implementaci poslední míle

Notes to slide: Báze pro bezdrátové síťování, 3

◇ bezšňurové systémy

- Také **radio in the loop (RITL)** nebo **fixed-radio access (FRA)**. Abonenti jsou připojeni k PSTN radiovými signály.
- Typickým představitelem standardu bezšňurové telefonie je standard ETSI **DECT**, **Digital Enhanced Cordless Terminal**
- původní účel bezšňurové telefonie – možnost bezdrátového spojení mezi sluchátkem s mikrofonom a vlastním telefonem – základnou, dnes – jedna základna obsluhuje více sluchátek/faxy/tiskárny, až stovky uživatelů, do cca 200 m

◇ bezdrátová místní smyčka

- anténa základní stanice např. na vysoké budově, přímá viditelnost na abonenta, do jednotek km. Příkladem může být MAN definovaná standardem **802.16** (fixed broadband wireless, <http://www.ieee802.org/16>), která podporuje propojení sítí účastníka na veřejnou síť např. na PSTN (**last mile connectivity**) – 802.16 WMAN (Wireless MAN). Jedná se komplementární síť k sítím typu WLAN, např. k síti 802.11. Zatímco WLAN 802.11 se zaměřuje na konektivitu počítačů v rámci LAN, WMAN 802.16 reprezentuje páteřní síť. 802.16 WMAN pracuje na licencovaných částech spektra, jsou provozovány poskytovateli služeb MAN (nejedná se o WLAN).
- Jako další příklady bezdrátových širokopásmových technologií, které podporují velmi rychlý přístup k síti na větší vzdálenosti, lze uvést systém **LMDS**, (**Local Multipoint Distribution Service**) s dosahem jednotek km nebo **MMDS** (**Multichannel Multipoint Distribution Service**) s dosahem desítek km.

Báze pro bezdrátové síťování, 4

□ bezdrátové lokální sítě – **Wireless LAN**

- ✓ do stovky metrů, do desítek Mb/s
- ✓ **IEEE Standard 802.11**
b: **Wi-Fi**, **Wireless Fidelity**, do 100 m, 11 Mb/s (5–6 Mb/s)
a: do 50–70 m a 56 Mb/s, (reálně 30–36 Mb/s)
- ✓ v Evropě (ETSI) prosazovaná **HiperLAN** (24–54 Mb/s)
komerčně dosud neúspěch,
chystá se HiperLAN II od r. 2003
- ✓ technologie **Bluetooth**,
IEEE 802.15, **WPAN**, **Wireless Personal Network**
desítky m, 1 Mb/s, spíše 700 Kb/s
označovaná také jako **HAN**, **Home Area Network**,
domácí síť, telematika v autech, ...

- ◇ **bezdrátové lokální sítě – Wireless LAN** –podpora mobility
 - technologie – Infračervené světlo, úzkopásmové mikrovlny, rozprostřené (spread) spektrum, detaily později
 - Standard specifikující bezdrátové LAN – **IEEE 802.11 Wireless Ethernet** (detaily později)
IEEE 802.11a – 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, a 53 Mb/s
IEEE 802.11b – 11 Mb/s
 - **HiperLAN** je soubor komunikačních standardů WLAN používaných především v Evropě. Specifikace jsou dvě, **HiperLAN/1** a **HiperLAN/2**. Obě převzal ETSI, European Telecommunications Standards Institute, jako svůj standard. Vlastnosti HiperLAN jsou podobné vlastnostem WLAN IEEE 802.11. HiperLAN/1 operuje v prostoru 5 GHz spektra radiofrekvencí (RF) rychlostí 24 Mb/s. HiperLAN/2 operuje ve stejném kmitočtovém pásmu rychlostí 54 Mb/s. HiperLAN/2 je kompatibilní WLAN třetí generace umožňující vysílání a příjem dat, obrázků a hlasu.
 - **Bluetooth** je de facto standard počítačového a komunikačního průmyslu, který popisuje jak snadno vzájemně bezdrátově na krátké vzdálenosti propojovat mobily, notebooky, PDA apod. vzájemně a s domácími a s byznys počítači. Bluetooth požaduje, aby v každém zařízení byl zabudovaný levný vysílač/přijímač (transiever) operující v prakticky v celém světě dříve nevyužívaném pásmu frekvencí 2,45 GHz. Zpřístupňuje vedle dat 3 hlasové kanály. Každé zařízení má 48 bitovou ethernetovskou adresu (podle normy 802). Spojení může být 2bodové nebo mnohobodové, na vzdálenost do 10 m. Data lze přenášet rychlostí 1 Mb/s, v následující generaci pak rychlostí až 2 Mb/s. Způsob kódování je odolný silnému rušení. Do zařízení je zabudované šifrování a verifikování přenosu.

- **AMPS, Advance Mobile Phone Service**
 - ✓ (analogový hlasový) systém 1. gen. (USA, Kanada), 1983
 - ✓ přenos dat – v prodlevách přenosu hlasu, 19,2 kb/s
 - ✓ CDPD, Cellular Digital Packet Data
 - ✓ frekvenční pásma v rámci spektra 800–900 Mhz,
 - ✓ dělí se na kanály po 30 Mhz, pomocí FDMA
 - ✓ přijímací kanál se nazývá zpětný, vysílací kanál dopředný.
 - ✓ Analogová služba AMPS byla inovovaná na digitální – každý kanál se dělí pomocí TDMA, **D-AMPS**.
 - ✓ V současnosti si stále udržuje cca 74 miliónů účastníků.

- **GSM, Global System for Mobile Communication**, digitální systém 2. generace (současný), 9,6 kb/s, na bázi TDMA v pásmu frekvencí 900 MHz nebo 1800 MHz. Má cca 120 miliónů účastníků, ve 120 zemích.
 - ✓ **High-Speed Circuit-Switched Data (HSCSD)**, od 1999, až 38.4 Kb/s
 - ✓ **General Packet Radio Services (GPRS)**, 56 až 114 Kb/s, služba s přepojováním paktů, z mobilních zařízení trvalá spojení na Internet, účast se ve videokonferencích, bytí v interakci s multimedií, ... – **2,5G**
 - ✓ **EDGE (Enhanced Data GSM Environment)**, do 384 Kb/s, od r. 2001, pro přenos multimédií a jiných širokop. aplikací do mobilů a mobilních počítačů – **2,5G**

- **3G (v Evropě UMTS, Universal Mobile Telecomm. System)**
 - ✓ digitální systém 3. generace (připravovaný, nasazení 2010)
 - ✓ 144 kb/s až 2 Mb/s
 - ✓ širokopásmový paketově orientovaný systém pro přenos textu, digitalizovaného hlasu, videa a multimed. dat
 - ✓ založený na standardu GSM, je podporovaný hlavními standardizačními organizacemi.
 - ✓ Od r. 2002.
 - ✓ Pro provoz UMTS bylo vyhrazeno pásmo 1885–2025 MHz, pro budoucí IMT-2000 systémy pásmo 1980–2010 MHz a pásmo 2170–2200 MHz pro satelitní část UMTS systémů.

Notes to slide: Technologie mobilní telefonie

◇ AMPS, Advance Mobile Phone Service

- násobnost přenosových cest na bázi FDMA, Frequency Divison Multiple Access
- analogový buňkový systém používaný hlavně v USA. Vyvinutý v r. 1983 AT&T, dodnes používaný v USA. Přiděluje frekvenční pásma v rámci spektra 800–900 Mhz, které se dělí na kanály po 30 Mhz, přijímací kanál se nazývá zpětný, vysílací kanál dopředný. Dělení na kanály se dělá pomocí FDMA. Analogová služba AMPS byl inovovaná na digitální tím, že každý kanál se dále dělí časovým multiplexem (TDMA), **D-AMPS**. V současnosti si stále udržuje cca 74 miliónů účastníků.

◇ GSM, Global System for Mobile Communication

- násobnost přenosových cest na bázi TDMA, Time Divison Multiple Access
- digitální systém mobilní telefonie používaný hlavně v Evropě. Používá variantu časového multiplexy (TDMA). Data digitalizuje, komprimuje a vysílá kanálem společně s 2 dalšími proudy uživatelských dat, každá ve svém vlastním časovém dílu. Operuje v pásmu frekvencí 900 MHz nebo 1800 MHz. Má cca 120 miliónů účastníků, používá se ve 120 zemích. Poněvadž většina operátorů GSM má roamingové smlouvy s ostatními operátory, není problematická mobilita mezi státy. GSM reprezentuje jeden evoluční krok v rozvoji bezdrátové mobilní telefonie (viz další body) směřující k technologii Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS).

Notes to slide: Technologie mobilní telefonie

◇ High-Speed Circuit-Switched Data (HSCSD), od 1999

- technologie přenosu dat mobilní telefonie budovaná na bázi přepojování okruhů operující s rychlostmi až 38.4 Kb/s, což je 4x vyšší rychlost než rychlost přenosu dat poskytovaná GSM. Je srovnatelná s rychlostmi poskytovanými mnohými modemy na současných pevných telefonních sítích. HSCSD opět reprezentuje jeden další evoluční krok v rozvoji bezdrátové mobilní telefonie (viz další body) směřující k technologii UMTS.

◇ General Packet Radio Services (GPRS)

- je paketově orientovaná bezdrátová komunikační služba operující s rychlostmi typicky v rozsahu 56 až 114 Kb/s a umožňující provozovat z mobilů a z přenosných počítačů trvalé spojení na Internet a vyšší přenosová rychlost přitom umožňuje se účastnit ve videokonferencích a být v interakci s multimediálními Weboskými stránkami a s podobnými aplikacemi. GPRS je založená na technologii GSM a je určena jako **dopňující služba** ke spojení z mobilů na bázi **přepojování okruhů** a ke službě **Short Message Service (SMS)**.
- jedním z omezujících faktorů je počet časových dílů, kterým je GPRS mobil schopný podporovat přenos dat. Typické GPRS terminály věnují přenosu dat 3 až 4 časové díly z 8 možných. Toto omezení platí i pro technologii GPRS-EDGE.

Notes to slide: Technologie mobilní telefonie, pokrač.

- GPRS jako paketově orientovaná služba by měla být levnější než služby orientované na přepojování kanálů, poněvadž kanály lze sdílet podle potřeby a nemusí být dedikované jednomu spojení. Vyšší rychlost usnadňuje implementaci aplikací, které se nemusí přizpůsobovat nižší rychlosti bezdrátových spojení. To umožní např. využívat i v mobilním prostředí principy **VPN (virtual private network)** a není potřeba se z hlediska bezpečnosti vázat na vytáčená komutovaná spojení via PSTN. GPRS bude rovněž doplňovat technologii Bluetooth. Vedle podpory IP protokolu podporuje GPRS rovněž paketový protokol datových sítí X.25 (používaný hlavně v Evropě). GPRS reprezentuje jeden další evoluční krok v rozvoji bezdrátové mobilní telefonie (viz další body) směřující k technologii Enhanced Data GSM Environment (EDGE) a UMTS.

◇ EDGE (Enhanced Data GSM Environment)

- je rychlejší variantou GSM, je navrhovaná pro rychlosti přenosu dat až do 384 Kb/s, pro přenos multimédií a jiných širokopásmových aplikací do mobilů a mobilních počítačů. Standard EDGE je vybudován na základě standardu GSM, používá stejný formát rámců pro TDMA a existující uspořádání buněk. Komerčně se objevuje od r. 2001. EDGE reprezentuje další evoluční krok v rozvoji bezdrátové mobilní telefonie směřující k UMTS.

Notes to slide: Technologie mobilní telefonie, pokrač.

◇ další příklad buňkové sítě 2. generace – PCS, Personal Communication Services

- IS-136: podobný princip GSM, TDMA, přenos dat 9,6 kb/s dedikované kanály
- IS-95: použitý princip CDMA, Code Division Multiple Access

◇ 3G (v Evropě UMTS, Universal Mobile Telecomm. System)

- násobnost přenosových cest na bázi CDMA, Code Divison Multiple Access
- TDMA / CDMA – později vysvětlené mechanismy přenosu dat
- 3G = „third-generation“. UMTS je širokopásmový paketově orientovaný systém pro přenos textu, digitalizovaného hlasu, videa a multimed. dat rychlostí až 2 Mb/s, který mobilním počítačům a uživatelům mobilů poskytuje „úplnou“ množinu funkcí. Standard UMTS je založený na standardu GSM, je podporovaný hlavními standardizačními organizacemi. Jeho prosazení se plánuje na r. 2002. Jakmile bude plně implementovaný, bude možné být z mobilních zařízení připojený k Internetu trvale i během cestování, roamingové služby budou na celém světě shodné. Uživatelé budou moci pro přístup použít kombinaci pozemních i staelitních přenosů. Do doby, dokud UMTS nebude plně implementovaný mohou uživatelé používat multirežimová zařízení, která se lze tam, kde UMTS dostupný není, na dostupnou technologii přepnout (např. na GSM 900 nebo 1800). Pro provoz UMTS bylo vyhrazeno pásmo 1885–2025 MHz, pro budoucí IMT-2000 systémy pásmo 1980–2010 MHz a pásmo 2170–2200 MHz pro satelitní část UMTS systémů.

Ilustrace rychlostí přenosu dat mobilních sítí 2,5 a 3 G

	teoreticky	realita (poč. 2003)	šířka kanálu	
GPRS	171,6 kp/s	10 — 56 kb/s	200 kHz	
GPRS – EDGE	473,6 kp/s	50 — 100 kb/s	200 kHz	
UMTS – fixed	2 Mb/s	100 — 150 kb/s	5 MHz	stacionární varianta určená pro použití v místnosti na přímý dohled (LOS) základny při rychlosti 2 Mb/s jeden uživatel/buňku
UMTS – mobile	384 kb/s	200 — 300 kb/s	5 MHz	při chůzi, ... až do rychlosti automobilů
UMT – high speed mobility	144 kb/s	30 — 80 kb/s	5 MHz	až do rychlosti 200 – 500 km/h japonských expresů

Příklad součinnosti mobilní a pevné sítě

FWT – Fixed Wireless Terminal

LE – Local Exchange, **Místní ústředna**

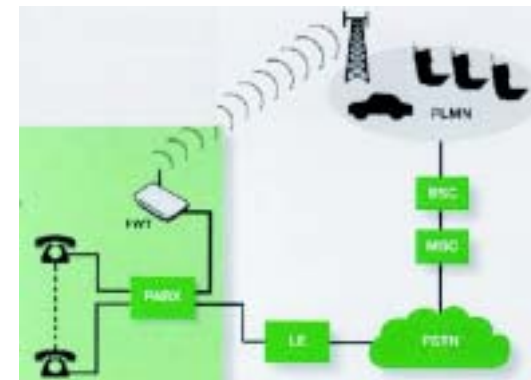
PABX – Private Automatic Branch Exchange, **Pobočková ústředna**

BSC – Base Station Controller, **Řadič základnových stanic**

MSC – Mobile Switching Center, **Mobilní ústředna**

Zaměstnanci firmy X mají přístup do PSTN a do PLMN. Jsou připojeni na **PABX**, která je spojuje přes **LE**, s ostatními účastníky PSTN.

GSM brána je připojena na vstup PABX, (vstup pro vnější linky). Při volání účastníků z PABX na telefony GSM se spojení uskutečňuje přímo do mobilní sítě GSM bez účasti provozovatele PSTN (SPT Telecom). GSM brána je realizovaná jako **pevný bezdrátový terminál**. Mobilní síť má svoji **MSC** a její základny řídí, **BSC**



Širokopásmové bezdrátové technologie

- širokopásmový – broadband
- lze používat vyšších rychlostí přenosu dat
 - ✓ grafika, video, audio, ... na WWW stránkách, v přílohách e-mailů
- uplatnění generických výhod bezdrátových služeb
 - ✓ pohodlnost, nižší cena
 - ✓ lze je rozmísťovat rychleji než služby využívající voděná přenosová média
 - ✓ neutráci se za pokládání kabelů, služby mohou být mobilní, lze je poskytovat kdekoliv
- očekávání v r. 2005: **počet mobilních uživatelů Internet převýší počet pevně připojených uživatelů**

Notes to slide: Širokopásmové bezdrátové technologie

- ◊ širokopásmový – broadband
 - v technologiích přenosu dat se tímto pojmem označují systémy, které uživatelům rychlosti přenosu dat od 2 Mb/s do stovek Mb/s
- ◊ rozvoj bezdrátových technologií ale brzdí
 - politické a technické překážky,
 - nedostatek průmyslových norem,
 - technologická omezení:
 - malý LCD (displej) na mobilních telefonech zobrazuje pouze několik řádků textu
 - prohlížeče většiny mobilních bezdrátových zařízení vesměs používají **Wireless Markup Language (WML)** místo značkovacího jazyka HTML