

PŘENOSOVÉ PLÁNY (ÚTLUM A ZPOŽDĚNÍ) V KLASICKÉ A IP TELEFONII

Ing. Martin OTRADOVEC

pracoviště: TESTCOM, Laboratoř koncových zařízení; mail: otradovec@testcom.cz

Abstrakt: Příspěvek na množství obrázků prezentuje nejběžnější konfigurace připojení koncových zařízení k síti elektronických komunikací včetně vzájemného propojení sítí s přepojování paketů a okruhů. Na uvedených příkladech pak uvádí maximální přípustné útlumy spojení v obou směrech komunikace, vyjádřené mírou hlasitosti a to jak pro místní tak i transportní síť. Uvedené příklady jsou dále doplněny o údaje maximálního možného zpoždění přenosu signálu mezi dvěma koncovými zařízeními. V závěru se příspěvek zabývá způsoby možného testování útlumů a zpoždění signálů v síti.

1 Základní topologie sítí

Síť elektronických komunikací je tvořena soustavou přenosových, spojovacích a směrovacích systémů a zařízení, zakončenou u každého účastníka koncovým (účastnickým) zařízením. Aby síť jako celek sloužila svému základnímu poslání, tj. aby umožnila vždy alespoň dvěma účastníkům realizovat hovorové spojení, musí být navržena tak, aby na akustickém rozhraní všech k síti připojených koncových (účastnických) zařízení byly zajištěny dostačující a srovnatelné podmínky pro vedení hovorové komunikace.

Jedním ze způsobů, jak tohoto cíle dosáhnout, je plánování. V praxi se používají tři základní síťové plány, doplněné specifikacemi parametrů koncových (účastnických) zařízení. Jsou to:

- síťový plán signalizace
- síťový plán přenosových parametrů
- síťový plán synchronizace
- technické specifikace (nebo normy) parametrů koncových zařízení, např. TBR 38, ES 200677, TZP 017

Tento příspěvek se v dalším bude zabývat jen síťovým plánem přenosových prostředků.

1.1 Struktura sítě, koncové, připojovací a propojovací body

Struktura sítě elektronických komunikací v dnešní podobě je odrazem rozvoje celé lidské společnosti. Její původní podoba, tj. telekomunikační síť s přepojováním okruhů, byla v posledních letech výrazně zasažena rozvojem počítačů a počítačových sítí, založených na přepojování paketů. Na mnoha místech jsme dnes svědky úspěšného propojování těchto zcela odlišných technologií.

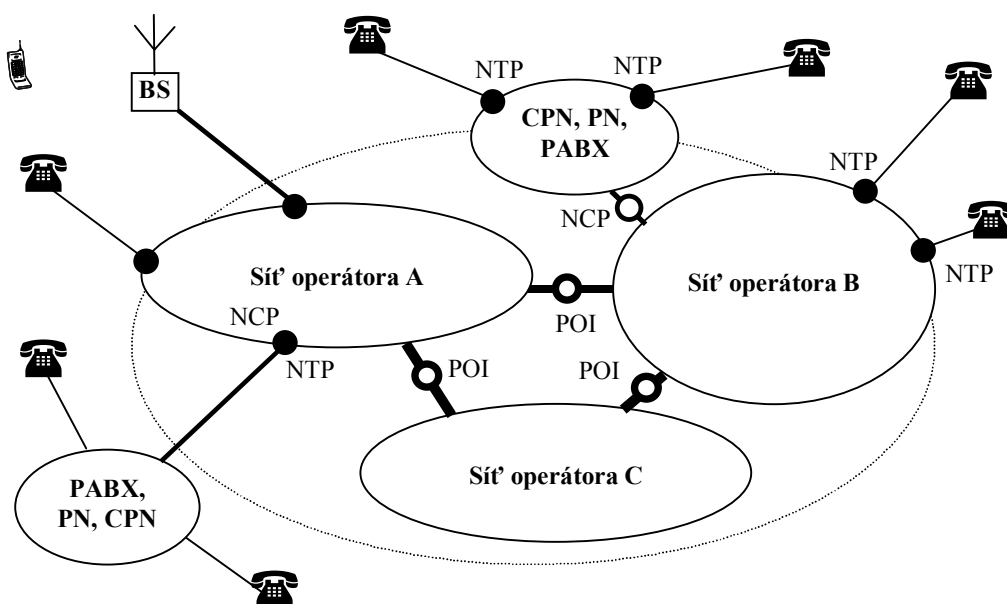
Také změny právního vědomí společnosti zasáhly a ovlivnily rozvoj komunikačních sítí. Možnost propojovat síť různých vlastníků s různou technologií, možnost pronajímat dílčí části sítě, možnost k síti připojovat různá koncová zařízení si žádá síť rozčlenit na jednotlivé ohraničené části, propojené jen v jednoznačně definovaných a popsanych bodech. Členění sítě je znázorněno na obrázku 1.



koncové zařízení (Terminal Equipment) je zařízení, připojované ke koncovým bodům sítě a obsluhované účastníkem sítě, které je vybaveno akustickým rozhraním, ve kterém jsou elektrické signály převedeny na akustické a naopak, pomocí něhož účastník komunikuje s jiným účastníkem sítě

NTP

koncový bod sítě (Network Termination Point) je fyzický bod, ve kterém je účastníkovi poskytován přístup k veřejné komunikační síti, ke kterému se připojuje koncové zařízení; v případě sítí zahrnující komutaci nebo směrování je tento bod určen specifickou síťovou adresou, která může být spojena s číslem nebo jménem účastníka



Obr. 1: Obecné uspořádání sítě

- POI** propojovací bod (Point of Interconnection) bod sítě určený pro propojování sítí, pro který je stanoveno rozhraní zahrnující elektrické a fyzické provedení a přenosový a signalizační protokol
- NCP** přípojný bod sítě (Network Connection Point) je fyzické místo v objektu uživatele, určené pro připojení zařízení neveřejných sítí nebo poskytovatelů služeb
- BS** základnová stanice (Base Station)
- PABX** pobočková ústředna nebo síť (Private Automatic Branch Exchange) je koncové zařízení, které umožňuje přístup více koncových zařízení k jednomu koncovému bodu a současně jim poskytuje komunikační služby mimo veřejnou komunikační síť
- PN** neveřejná síť (Private Network) je telekomunikační síť se spojováním okruhů nebo připojováním paketů, která není určena k poskytování veřejných komunikačních služeb; sestává z více než jednoho spojovacího nebo směrovacího zařízení tvořících síť; k veřejné komunikační síti se připojuje jako pobočkové ústředny (PABX) nebo sítě v objektu zákazníka (CPN)
- CPN** síť v objektu zákazníka (Customer Premises Network) je síť (převážně LAN) provozovaná zákazníkem

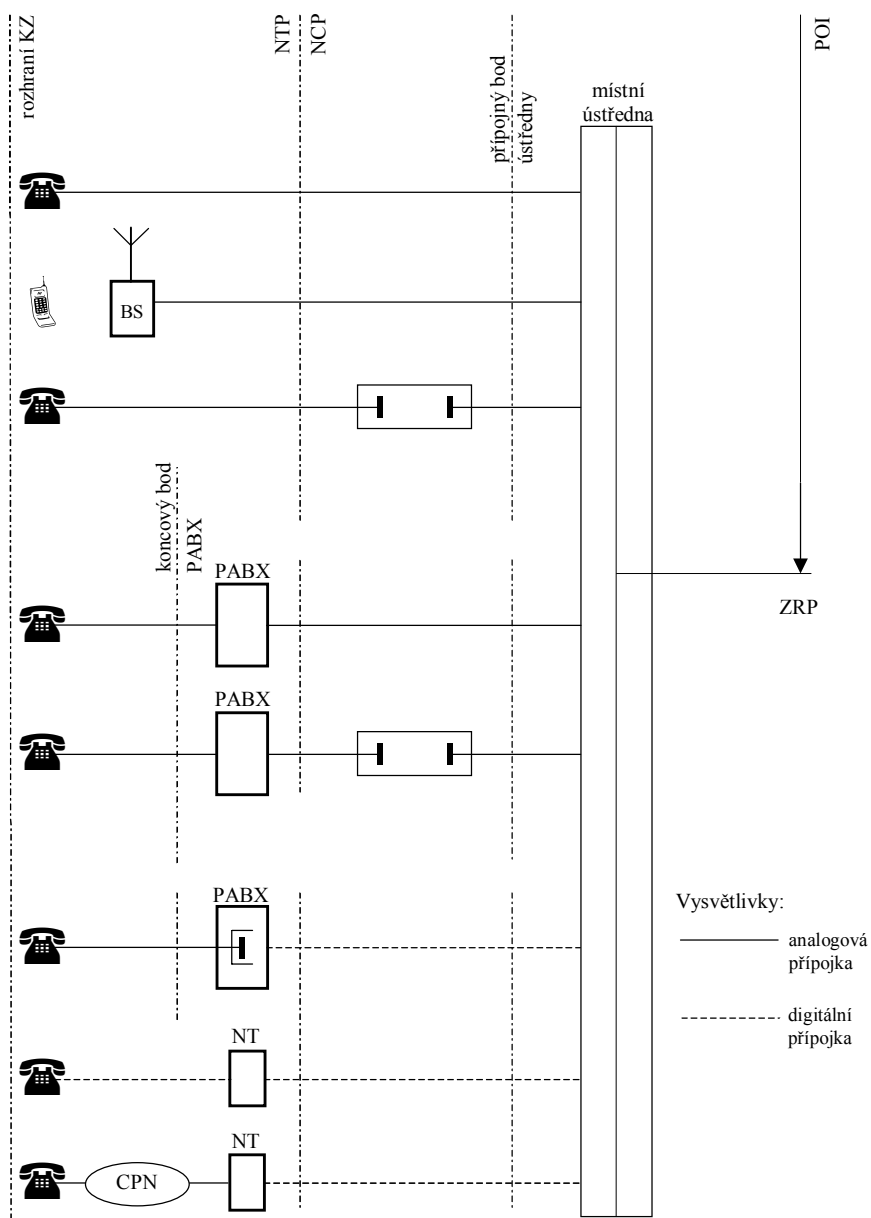
1.2 Alternativy připojení koncových zařízení k síti, neveřejné a pobočkové sítě, sítě v objektu zákazníka, přímé připojení koncových zařízení k síti

Varianty připojení koncových zařízení, neveřejných a pobočkových sítí a sítí v objektu zákazníka k síti s přepojováním okruhů, představované místní telefonní ústřednou, jsou na obrázku 2. Varianty připojení koncových zařízení k sítím s propojováním paketů jsou na obrázku 3. Přestože z obrázků může vzniknout dojem, že se sítě s přepojováním okruhů i paketů vzájemně propojují jen v propojovacích bodech, lze v dohledné době s ohledem na potřebu modernizovat současné telefonní ústředny očekávat, že dojde k pozvolnému prolínání obou technologií a zatím zcela zřetelné hranice přechodu technologií, vázané na pevná rozhraní, postupně zmizí.

1.3 Sítě s přepojováním okruhů

První tři příklady na obrázku 2 uvádí způsob tzv. přímého připojení na analogový koncový bod telefonní ústředny. První příklad shora představuje typický příklady připojení koncového zařízení, druhý naznačuje způsob připojení bezšňůrových telefonů, resp. skupiny bezšňůrových telefonů s jednou základnovou stanicí, na ústřednu. Toto připojení představuje obdobu malé pobočkové ústředny. Třetí příklad reprezentuje připojení koncového zařízení přes účastnické přenosové zařízení.

Dvojice dalších příkladů na obrázku 2 představuje tzv. nepřímé připojení koncových zařízení na analogový přípojný bod telefonní ústředny, v některých případech plní i funkci koncového bodu. V cestě mezi koncovým zařízením a ústřednou leží pobočková ústředna, resp. pobočková ústředna a účastnické (zde i vícekanálové) přenosové zařízení.



Obr. 2: Alternativy připojení koncových zařízení k ústředně s přepojováním okruhů

Poslední trojice příkladů připojení na obrázku 2 popisuje připojení koncových zařízení na linkové zakončení (LT) digitální ústředny ISDN přes základní i primární přístup (BA nebo PA). První z této trojice příkladů představuje připojení digitální pobočkové ústředny ISDN v referenčním bodě T přes síťové zakončení NT1 na LT ústředny. Plní-li takováto ústředna funkci terminálového adaptéru, lze na její vnitřní linky připojit kromě běžných koncových zařízení ISDN nebo „tzv. systémových telefonů“ i analogová koncová zařízení. Druhý příklad zobrazuje připojení koncových zařízení ISDN přes síťové zakončení NT k linkovému zakončení telefonní ústředny ISDN. Poslední příklad představuje připojení sítě v objektu zákazníka (CPN) k veřejné elektronické síti. CPN může být jak síť pobočkových ústřed, tak i různé sítě LAN, představující sítě s přepojováním paketů. V tomto případě musí být mezi CPN a NT umístěno rozhraní, označované obvykle FXO (Foreign eXchange Office), které převádí signalizaci mezi oběma typy sítí.

Síť s přepojováním okruhů se s jinými sítěmi propojuje v bodě POI.

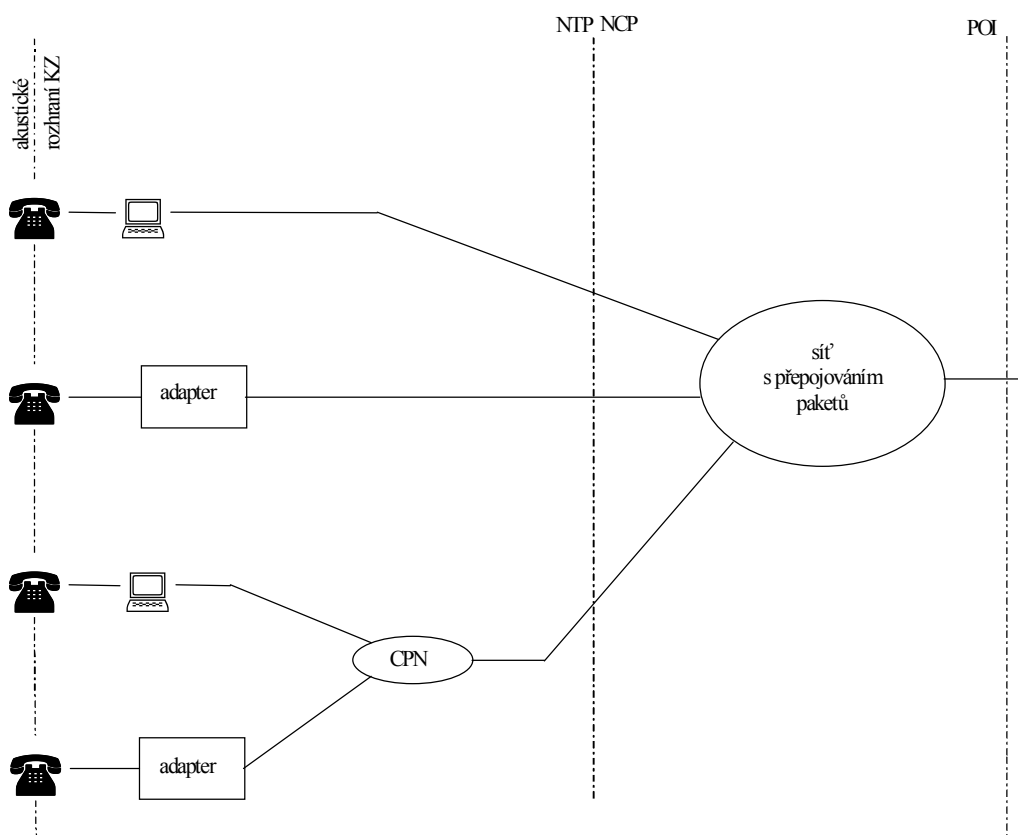
1.4 Začlenění sítí s přepojováním paketů do sítí s přepojováním okruhů

Na obrázku 3 jsou uvedeny alternativy připojení koncových zařízení k sítím s přepojováním paketů. Pro názornost si lze na místě koncových zařízení představit IP telefon. Typické základní připojení IP telefonu je prezentováno jako 1. příklad z obrázku 3.

Na druhém příkladu je namísto IP telefonu připojen k paketové síti běžný telefon, určený do sítí s propojováním okruhů. Vzhledem k rozdílným technologiím rozhraní musí být v tomto případě použit adapter, nazývaný FXS (Foreign eXchange Office), který standardní telefonní přístroj napájí a samozřejmě převádí signalizaci mezi oběma způsoby přenosu (např. generuje vyzvánění a volbu čísla apod.).

Třetí i čtvrtý příklad z obrázku 3 jsou obdobou prvních dvou příkladů s tím rozdílem, že telefony se zde připojují k síti v objektu zákazníka, tj. k místní síti LAN.

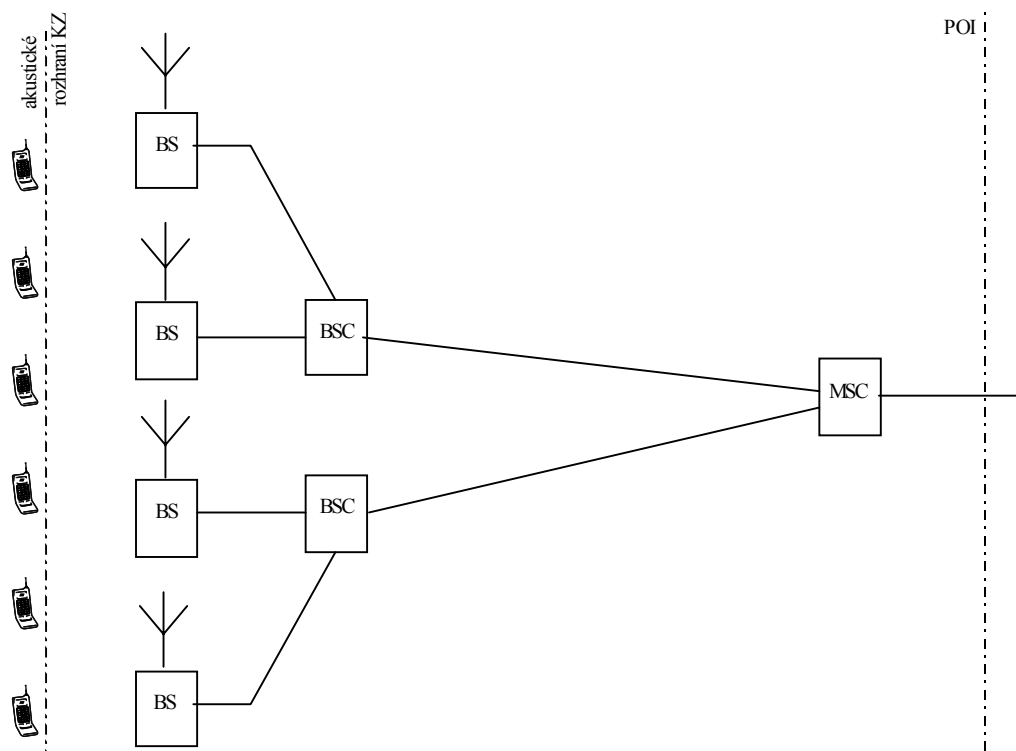
I zde se síť s přepojováním okruhů s jinými sítěmi propojuje v bodě POI.



Obr. 3: Alternativy připojení koncových zařízení k sítím s přepojováním paketů

1.5 Začlenění sítí pozemní pohyblivé služby (mobilních sítí) do sítí s přepojováním okruhů

Jak je patrné z obrázku 1, do sítí elektronických komunikací patří i sítě mobilních operátorů, které vzhledem ke způsobu distribuce signálu mezi BSC (Base Station Controller) a MSC (Mobile Switching Centre) jsou považovány za sítě s přepojováním okruhů. Tyto sítě se opět s ostatními propojují v propojovacím bodě POI, viz obr. 4.



Obr. 4: Připojení mobilních koncových zařízení k sítím elektronických komunikací

2 Plán útlumů v síti

Jak bylo řečeno v úvodu, pro zajištění dostačujících a srovnatelných podmínek pro vedení hovorové komunikace mezi dvěma účastníky sítě je vypracován síťový plán přenosových parametrů, který stanovuje podmínky útlumu celé přenosové cesty mezi akustickými rozhraními dvou přes síť propojených koncových zařízení. Plán je vypracován tak, aby zahrnul všechny doposud uvedené alternativy připojení koncových zařízení k sítím a to nezávisle na druhu spojování (zahrnuje jak sítě s přepojováním okruhů, tak i paketů).

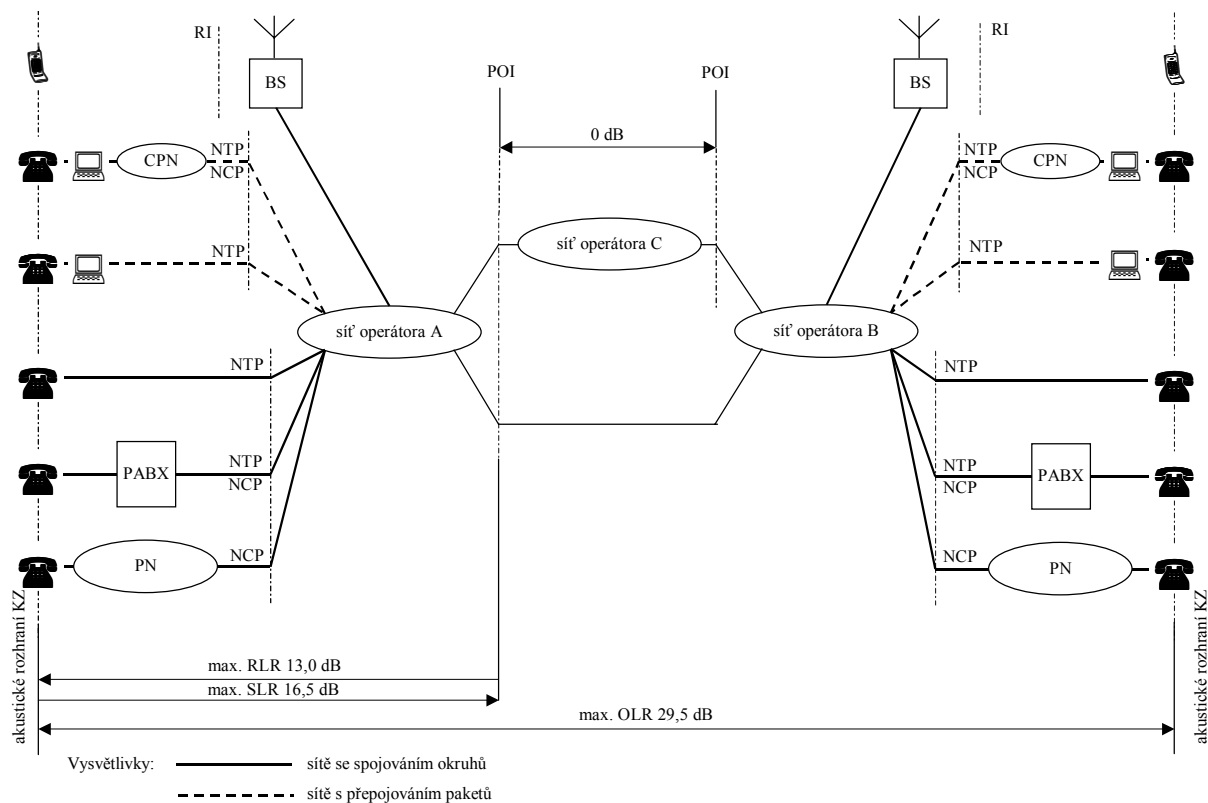
2.1 Rozložení útlumů v síti s přepojováním okruhů, vliv vlastností koncových zařízení a jednotlivých alternativ jejich připojení k síti na míru čerpání celkového útlumu spojení

Plán rozložení útlumů v celé síti, tj. mezi akustickými rozhraními dvou propojených koncových zařízení, je vyjádřen mírou hlasitosti (LR) a je patrný z obrázku 5. Celková míra hlasitosti spojení mezi dvěma akustickými rozhraními (Overall Loudness Rating) nesmí překročit +29,5 dB.

LR míra hlasitosti (Loudness rating) je fyzikální veličina, definovaná podle doporučení ITU-T P.10, vyjadřovaná v dB, která charakterizuje hlasitost koncové komunikace u veřejně dostupné telefonní služby nebo její části, definovanou doporučením ITU-T P.76 a P.79,

Míra hlasitosti mezi dvěma propojovacími body (POI) musí být nastavena na 0 dB a nezáleží na směru přenosu.

Míra hlasitosti mezi propojovacím bodem (POI) a akustickým rozhraním koncového zařízení se liší podle směru přenosu. Vysílací míra hlasitosti SLR (Send Loudnes Rating), tj. když je signál přenášen od koncového zařízení k propojovacímu bodu POI, nesmí překročit hodnotu +15,5 dB. V opačném směru, tj. ve směru přenosu signálu od POI ke koncovému zařízení, nesmí přijímací míra hlasitosti (Receive Loudnes Rating – RLR) překročit hodnotu $LR \geq +13,0$ dB.

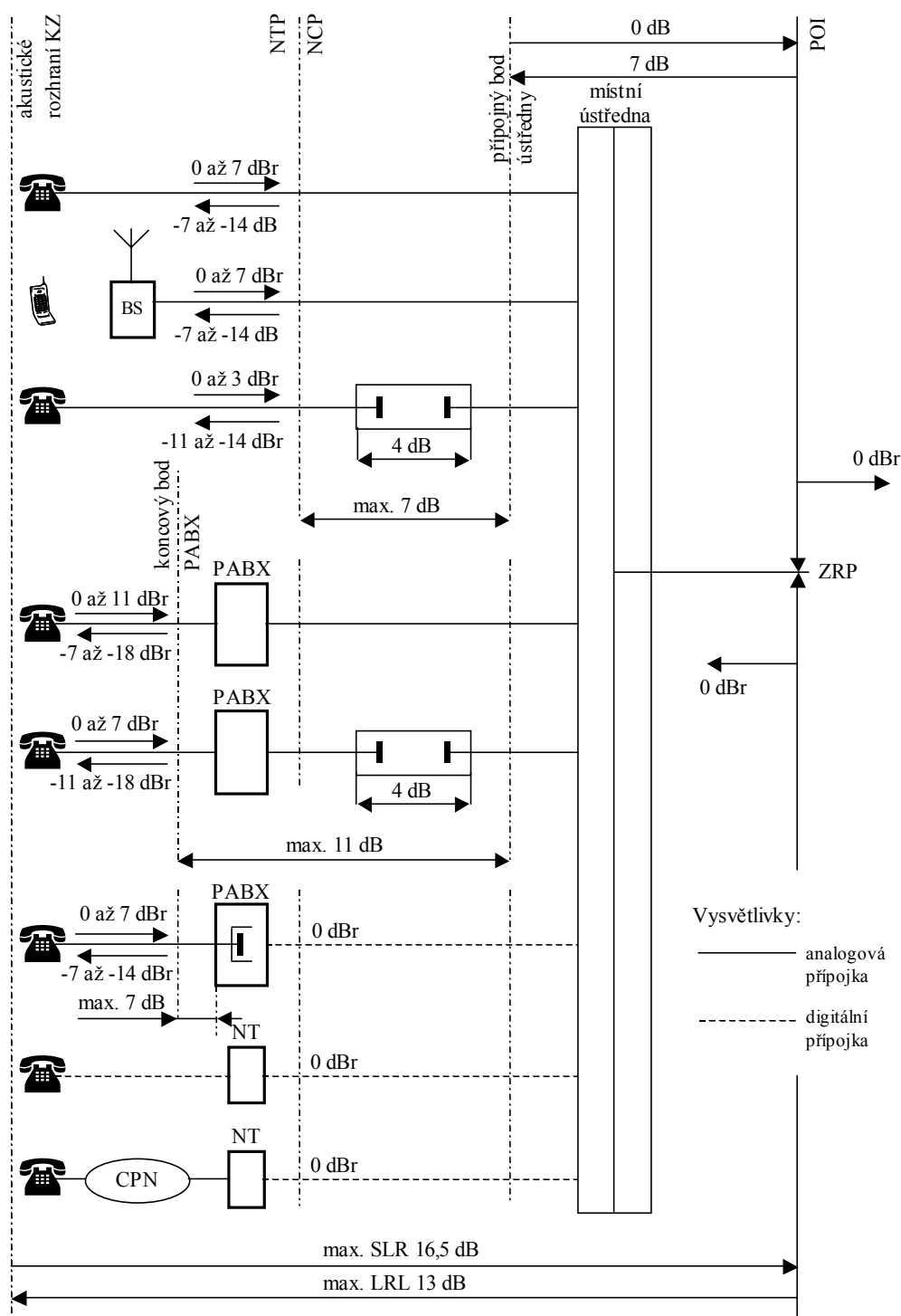


Obr. 5: Rozložení míry hlasitosti v síti

Upozornění: Kladné hodnoty LR představují signál s nižší úrovní, než hodnoty se záporným LR, proto výše uvedené meze znamenají, že signál v daném směru přenosu nesmí být nižší, než předepsaná mez.

Při dodržení těchto podmínek bude zajištěno, že nezávisle na druhu spojovacích a přenosových prostředků a i na druhu koncových zařízení a ve všech alternativách připojení koncových zařízení k síti budou ve všech místech sítě elektronických komunikací zachovány srovnatelné podmínky pro vedení hovorové komunikace.

Míra čerpání útlumů v závislosti na způsobu připojení KZ k síti s přepojováním okruhů je uvedena na obrázku 6. Útlumy v řetězci přenosových a spojovacích zařízení, ležících v cestě signálu mezi akustickým rozhraním koncového zařízení a propojovacím bodem POI v sítích s přepojováním okruhů byly již několikrát popsány v předchozích verzích útlumových plánů sítě. Každá další verze plánu předchozí hodnoty aktualizovala, takže dnes jsme schopni detailně popsat a měřit útlum přenosu každého přenosové, spojovacího či koncového zařízení v každém směru přenosu a nemusíme se omezovat jen na hodnoty SLR a RLR, uvedené na obrázku 5 mezi akustickým rozhraním koncového zařízení a propojovacím bodem POI, viz obrázek 6.



Obr. 6: Útlumové poměry a relativní úrovně v koncových a přípojných bodech sítí se spojováním okruhů

ZRP bod nulové relativní úrovně (Zero Relativ Point), viz obrázek 6, je virtuální místo ve spojovacím poli digitální ústředny, v němž je definována relativní nulová úroveň; při zjišťování úrovně v tomto místě se vychází z výrobcem ústředny deklarovaného převodního vztahu mezi tímto místem a fyzickým místem, určeným pro měření úrovně

2.2 Vliv provedení sítě na rychlost přenosu

Přestože je útlumový plán sítě vypracován pro základní službu přenosu hlasu, používají se stejné síťové prostředky i k přenosu dat, u kterých je jedním ze sledovaných parametrů rychlost přenosu. Následující pravidla lze proto považovat za jistou nadstavbu, upřesňující požadavky na výstavbu sítě pro zajištění co nejrychlejších datových přenosů v síti s přepojováním okruhů.

Pro zajištění přenosu dat rychlostí 9,6 kbit/s nesmí útlum poloviční smyčky HLL v propojovacím bodě klesnout v kmitočtovém pásmu 500 – 2500 Hz pod 14 dB.

Maximální počet párů vidlic pro spojení v rámci sítě ČR, kterými se vytvářejí uzavřené zpětnovazební smyčky, je roven pěti, včetně dvou zařízení účastnické přípojné sítě a dvou pobočkových ústředn. V jednotlivých okruzích účastnické přípojné sítě, zakončených vidlicemi, nesmí hodnota útlumů otevřené smyčky OLL klesnout v kmitočtovém pásmu 500 Hz – 2500 Hz pod 28 dB. Je-li OLL v jednotlivém okruhu účastnické přípojné sítě, zakončeného vidlicemi, v pásmu 500 – 2500 Hz minimálně 45 dB, nezapočítává se do počtu párů vidlic.

Pro zlepšení parametrů útlumu poloviční smyčky HLL se v sítích se spojováním okruhů pro krátká přípojná vedení s útlumem <1,5dB doporučuje nastavit relativní výkonové úrovně v koncovém bodě takto:

ve vysílacím směru 3 dBr až 7 dBr

v přijímacím směru -10 dBr až -14 dBr

Optimální využití rychlých modemů (např. ITU-T V.90) předpokládá použití jediného páru vidlic ve spojení a útlum otevřené smyčky OLL musí být min. 40 dB v kmitočtovém pásmu 500 – 2500 Hz, tj. útlum poloviční smyčky HLL musí být v propojovacím bodě min. 20 dB.

HLL útlum poloviční smyčky (Half Loop Loos) je útlum smyčky mezi vysílacím a přijímacím rozhraním přenosových okruhů v propojovacím bodě

OLL útlum otevřené smyčky (Open Loop Loos) je útlum, měřený mezi body přerušení smyčky čtyřdrátového okruhu zakončeného párem vidlic

2.3 Aplikace útlumového plánu na sítě s přepojováním paketů začleněné do sítě s přepojováním okruhů

Diametrálně odlišná situace oproti sítím s přepojováním okruhů je u sítě s přepojováním paketů, viz obrázek 7. Vzhledem k neexistenci vhodných testovacích zařízení, která by byla schopna extrahovat z přenášených paketů hovorový signál a ten následně analyzovat a testovat v různých místech řetězce mezi POI a akustickým rozhraním KZ, musíme se, zatím, spokojit s jedinou známou hodnotou útlumu, vyjádřenou mírou hlasitosti LR pro každý směr přenosu, viz. obrázek 7, hodnoty SLR a RLR.

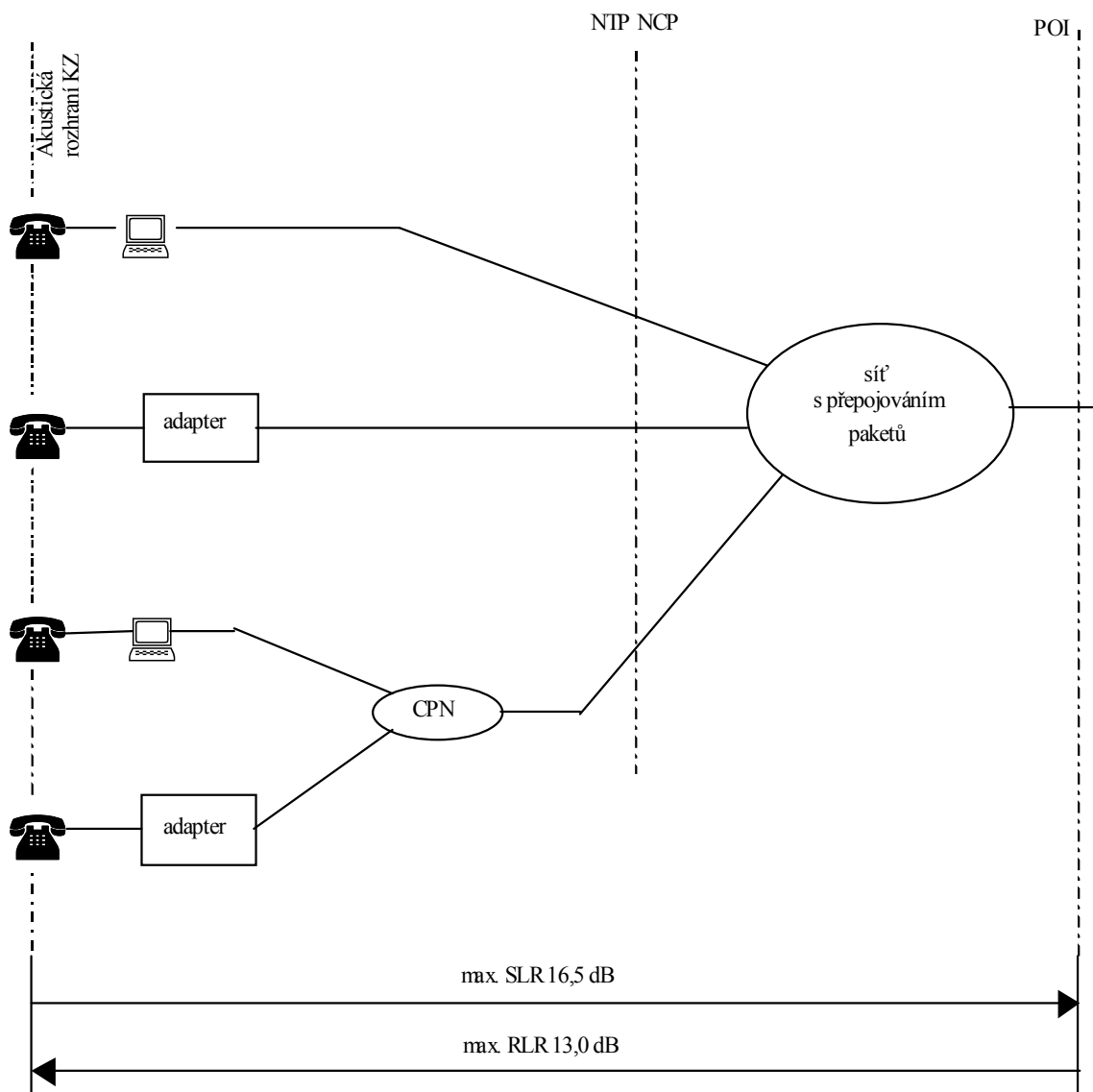
Ani v této konfiguraci sítě by neměly být obě hodnoty LR překročeny, jinak by nebyly zachovány srovnatelné podmínky pro vedení hovorové komunikace a to jak mezi účastníky paketové sítě, tak i, a to především, mezi účastníky paketové i ostatních připojených sítí.

2.4 Možnosti sledování míry čerpání útlumů v sítích s přepojováním paketů

Jak bylo naznačeno v kapitole 2.3, jsou možnosti sledování čerpání míry hlasitosti v sítích s přepojováním paketů značně ztíženy a omezují se zatím jen na sledování míry hlasitosti LR mezi akustickým rozhraním koncových zařízení a propojovacím bodem sítě POI. A vzhledem ke zpoždění signálu, typickému pro přenos v paketové síti, mohou nastat komplikace i s takto zjednodušeným prověřováním dodržování limitů LR. Nastanou-li s vyhodnocením LR potíže, je nutné přejít od sledování míry hlasitosti k hodnocení kvality přenosu řeči mezi uvedenými body. Vzhledem k množství proměnných faktorů, daných výrobními odchylkami všech v síti zapojených zařízení, které ovlivňují přenášenou informaci je nutné vyhodnocovat míru hlasitosti sítě statisticky z výsledků mnoha dílčích měření, provedených v různých lokalitách sítě. Doporučuje se, aby přípustné meze SLR a RLR nebyly překročeny ve více jak 5% všech provedených měření.

Protože zpoždění přenosu hovorového signálu, resp. zkušebního signálu, činí obvykle testerů LR značné potíže a výsledky nejsou dostatečně věrohodné a s ohledem na nedostatek jiných vhodných testerů, nelze dnes jednoduše a přesně vyhodnocovat a kontrolovat zejména kvalitativní parametry sítě s přepojováním paketů, resp.

sítí se zpožděním přenášeného signálu. Proto se nyní hledají vhodné metody vyhodnocování míry hlasitosti příp. kvality přenosu řeči, které by umožnily jednoduše a opakovatelně sledovat a vyhodnocovat kvalitativní vlastnosti sítí. To je nezbytné např. při dojednávání propojovacích podmínek mezi operátory sítí a při řešení následných sporů.



Obr. 7: Útlumové poměry mezi koncovými a přípojnými body sítí se přepojováním paketů

3 Plán zpoždění signálu v síti

Příčinou zpoždění přenášeného signálu v sítích s přepojováním okruhů byla vždy vzdálenost, na kterou se signál přenášel. S rostoucí vzdáleností rostlo i zpoždění, které na úrovni dnešních místních sítí bylo prakticky nepostřehnutelné. Z hlediska zachování srozumitelnosti i obtížnosti vedení hovoru je za krajní dobu přípustného zpoždění považován čas 0,5 s, kdy začíná být přenos řeči považován za ještě únosný a neobtěžující.

Zpoždění přenosu signálu v paketových sítích je dáno principem tohoto způsobu spojování, v důsledku čehož se zpoždění vyskytuje i při spojení na krátkou vzdálenost.

3.1 Plán rozložení dob zpoždění hovorového signálu v síti, zpoždění v jednotlivých úsecích sítě

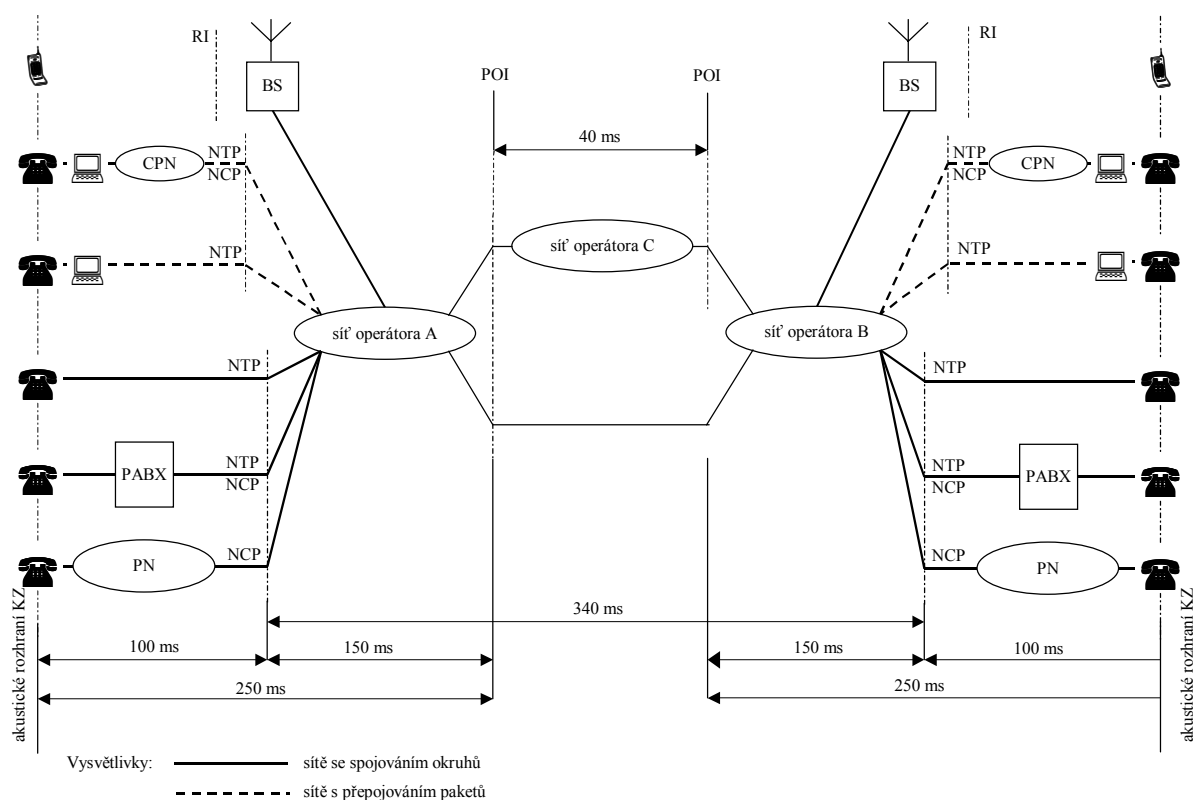
Plán rozdělení maximální doby zpoždění hovorových signálů ve veřejné komunikační síti pro veřejně dostupnou telefonní službu je uveden na obrázku 8.

Podle doporučení ITU-T G.114 se pro dosažení vyhovující srozumitelnosti v mezinárodních telefonních spojeních doporučuje, aby střední doba zpoždění v jednom směru nepřekročila hodnotu 400 ms.

Ve spojeních mezi dvěma propojovacími body POI nesmí doba zpoždění hovorového signálu v jednom směru překročit 40 ms.

Ve spojeních mezi libovolnými dvěma koncovými body sítě nesmí doba zpoždění hovorového signálu v jednom směru překročit 340 ms.

V libovolných spojeních mezi koncovými body sítě a propojovacími body nesmí doba zpoždění hovorového signálu v jednom směru překročit 190 ms.



Obr. 8: Plán rozdělení maximální doby zpoždění hovorových signálů v síti

U sítě s přepojováním paketů se podle doporučení ITU-T Y.1541 požaduje mezi koncovými body sítě a propojovacími body splnění parametrů kvality třídy 0:

IPTD 100 ms (IP Packet Transfer Delay)

IPDV 50 ms (IP Packet Delay Variation)

Obdobně jako se nyní hledá vhodná zkušební metoda pro ověření míry hlasitosti LR v paketových sítích, je předmětem zkoumání i hledání vhodných zkušebních metod, určených pro vyhodnocování zpoždění přenosu signálu. Situaci komplikuje zejména nutnost synchronizovat vysílač i přijímač zkušebního signálu na velké vzdálenosti, odpovídající umístění měřicích bodů (resp. propojovacích bodů) a poloze koncového zařízení v síti, mezi kterými se zpoždění testuje.

4 Závěr

Nově navrhovaný přenosový plán bude ještě zohledňovat jednotlivé vlivy na kvalitu přenosu pomocí nových parametrů (faktor zhoršení, přenosový činitel, faktor očekávání), které umožňují stanovit podmínky zachování kvality veřejné telefonní služby i v kombinovaných sítích se spojováním okruhů i přepojováním paketů.

Pro klasické telekomunikační sítě se spojováním okruhů je nadále třeba používat při plánování a hodnocení přenosové parametry dle stávajícího přenosového plánu. Aplikace komplexních parametrů používaných pro určování kvality ve smíšených sítích by totiž mohla vést ke zhoršení kvality sítě vlivem překročení některých dílčích hodnot, které jsou v klasických sítích vymezeny velmi přesně a zjišťují se objektivním měřením každého parametru. Komplexní parametry používané v IP sítích a ve smíšených sítích jsou navrženy tak, aby zohlednily v jediné hodnotě subjektivní míru kvality tak, jak ji vnímají telefonní účastníci při vzájemné komunikaci. Vzhledem k tomu, že na zhoršování kvality přenosu se velkou měrou podílí především procesy nízkorychlostního kódování, paketizace a vlastního paketového přenosu, není možné používat pro plánování klasické telekomunikační sítě metody založené na zjišťování faktoru zhoršení.