

# Variantní směrování provozu a propojování telefonních sítí

Prudký rozvoj technologií používaných v sítích elektronických komunikací a legislativní postup demonopolizace poskytování telefonních služeb přináší nové možnosti a využití tradičních metod směrování provozu. Jejich vhodné použití předpokládá existenci konkurenčního tržního prostředí a souvisí rovněž s topologií sítí. Donedávna přísně hierarchické struktury telefonních sítí umožňovaly poměrně jednoduché postupy a správu spojení mezi jednotlivými prvky sítě a souvisejícího směrování provozu. Historické účely variantního směrování, které se začalo užívat od samotných počátků automatického spojování telefonních hovorů, byly aplikovány pro lepší využití kapacit v jediné síti. Důležité bylo i zvýšení její spolehlivosti. Stejně principy však umožňují získat další výhody a příležitosti v současném liberalizovaném prostředí heterogenních telekomunikačních sítí.

## ■ Úvod

V příspěvku jsou rekapitulovány známé druhy variantního směrování telefonního provozu a propojování síťových uzlů. Uvedeny jsou jejich obecné principy, důvody původního užívání a dále porovnány možnosti využití v podmínkách dostatečné nabídky kapacit a služeb telekomunikační infrastruktury. Další část popisuje aplikace přímého a nepřímého propojování sítí, porovnání technických a obchodních přínosů i nevýhod jednotlivých metod a příklady použití v současné praxi.

V dalším textu je pro zjednodušení užíván pojem operátor pro osoby vykonávající komunikační činnosti (provozovatele telefonní sítě a/nebo poskytovatele telefonní služby). Rozbor se týká sítí s komutováním okruhů i s komutováním paketů. Předpokládáno je výhradně použití signalizačních protokolů SS7 a SIP. Problematika je posuzována v technických a obchodních vztazích propojení mezi operátory, tedy velkoobchodního trhu. Netýká se oblasti účastnického připojování k sítím a poskytování telefonních služeb koncovým zákazníkům. Přesto mohou být některé principy variantního směrování přiměřeně aplikovány i v této spotřebitelské úrovni, i když s poněkud odlišnými účely a pravidly. Jejich analýza však není předmětem tohoto článku.

Označením období „historie“ je rozuměna telekomunikační éra analogová, elektromechanická a monopolní. Pojmem „současnost“ je charakterizována doba digitální s liberalizovaným regulačním prostředím.

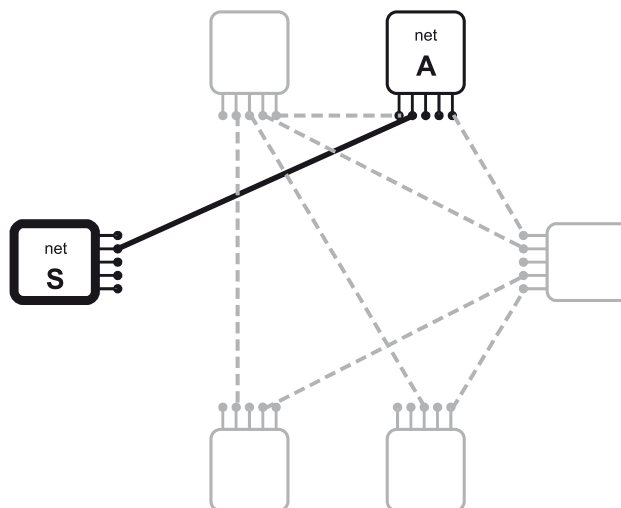
## ■ Směrování provozu

Nejjednodušší situace ve směrování telefonního provozu je v případě propojení sledované telefonní sítě pouze s jedinou další sítí (viz obr. 1). Prostřednictvím této hierarchicky „nadržené“ sítě je realizována komunikace s celým dalším telefonním světem. V předmětné síti je analyzována účastnická volba, pro vlastní volaná čísla je sestavováno interní spojení a veškerý ostatní provoz je směrován do jediného existujícího propojení s nadřazenou sítí. To má následující výhody a nevýhody:

– Výhody: jednoduchá a levná správa vlastní sítě bez starostí. V nadřazené síti je zajišťováno další směrování, spojování, aktualizace číslovacích dat, dimenzování a využití dalších spojovacích kapacit a jiné. Formou služby jsou zprostředkovány další obchodní činnosti (podklady pro účtování, tranzit k jiným operátorům) a povinnosti operátora, např. přenositelnost čísel, zveřejňování v telefon-

ních seznamech, předávání lokalizačních dat k tísňovým voláním aj.

– Nevýhody: úplná závislost na operátorovi „nadržené“ sítě. Kvalita, spolehlivost i obchodní podmínky služeb mimo vlastní síť jsou plně determinovány operátorem nadřazené sítě.



Obr. 1 Interní – externí směrování provozu v jediné propojené síti

V této elementární topologii propojení není jiné variantní směrování provozu možné. Je sítově nezajímavá a dále se jí nebudeme zabývat.

Následující rozbor předpokládá existenci dvou a více přímých propojení s jinými sítěmi, které jsou schopny pro volené účastnické číslo realizovat úspěšné spojení hovoru. Vybudováním více propojení se zapojuje operátor sledované sítě aktivně do velkoobchodního trhu. Spravování směrovací databáze sítě a obchodních vztahů se stává náročnější, ale přínosem je nezávislost a příležitosti k ekonomickým i provozním úsporám.

## ■ Alternativní směrování

Princip spočívá ve výběru spojovací cesty, po které bude sestaveno spojení z více dostupných směrů (viz obr. 2). Podle obchodních, časových, technických nebo i jiných kritérií je určen algoritmus výběru. Právě tento algoritmus se v běhu času telekomunikací mění.

### Historické využití

Ve spojovacích systémech se již od zkonstruování prvních elektromechanických voličů brzy projevila potřeba jejich průběžného prostřídávání ve funkci. Alternování spojovacích prvků řešilo jejich nerovnoměrné opotřebování a možnost řízené údržby. Prostřednictvím různých metod prostorového multiplování náběhových svazků v mechanických ústřednách se více méně úspěšně dařilo rozložit provozní zátěž mezi všechny dostupné stroje ve spojovacím poli. Úkol byl o to náročnější, že měl dosáhnout rovnoměrného rozdělení v období provozní špičky, hlavní provozní hodiny (HPH) i mimo ni.

V přenosových systémech sice nerovnoměrné opotřebování okruhů, přenosového systému ani např. kabelu nehrozí. Přesto se alternování obsazování okruhů používá pro tzv. dohled provozem. Včasně tak jsou zjištěny poruchy, které by se jinak zjistily až vyšší provozní zátěží. Rovněž v situacích, kdy se dočasně nepoužíval některý kabelový profil, bylo vřele doporučováno ponechat (alternovat) v něm několik „živých“ okruhů. Předchází se tím nemilým překvapením v okamžiku opětné potřeby aktivace dočasně nepoužívaného kabelu. Metoda tak částečně nahrazovala nedokonalé příp. neexistující dohledové a diagnostické nástroje reálné analogové doby.

Algoritmus alternování směrování provozu vychází z konkrétních potřeb telefonního systému. Může být použito automatické směrování např. s cyklickým, nahodilým, paritním, inkrement/dekrementujícím módem apod. Rovněž nelze zatratit ani manuální metodu alternování, pokud je k rozhodování o volbě potřeba znalostního faktoru a lidský rozum.

### Současná aplikace

Od převládajících technických důvodů nyní přechází algoritmus využití alternativního směrování k obchodním účelům.

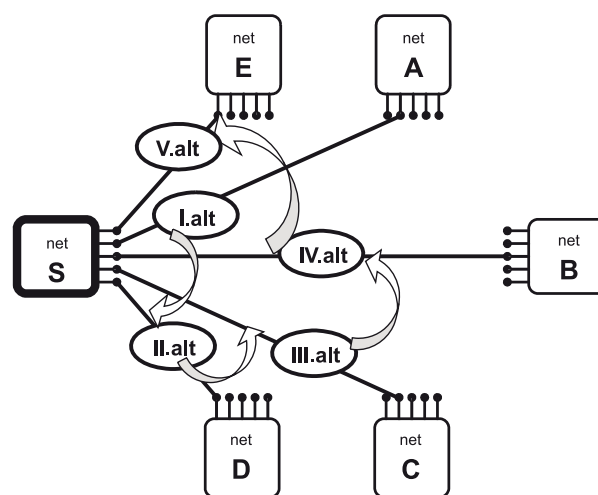
Nejnámější metodou je směrování na nejnižší cenu (LCR, Least Cost Routing). Ke každému existujícímu odchozímu svazku je přidružena databáze jeho jednotkových cen volání. Z analýzy voleného čísla se dle ceníků souběžně vybírá aktuálně nejlevnější svazek, na který je volání směrováno. Automatizovaně jsou tak poskytovány služby s nejnižšími náklady pro operátora.

Algoritmus alternování může realizovat i jiné obchodní modely. Například nejprve lze směrovat provoz na svazek konkrétního obchodního partnera k naplnění sjednaného minimálního objemu (a tím získání jiné výhody) a teprve po jeho dosažení následně směrovat dle LCR. Přestože naplnění limitu nemusí být službou s nejnižší jednotkovou cenou, může získaná výhoda reprezentovat další úspory jako například neúčtování pravidelného paušálu za přípojný bod, vyšší objemové slevy, poskytnutí zcela jiné výhodné služby apod.

Vhodně lze využít i obchodní algoritmus reciprocity. Směrování alternuje a rozděluje odchozí provoz mezi více přímo propojených operátorů v poměru objemů příchozího provozu, který terminují po svých svazcích do sledované sítě.

Tvorba algoritmu alternování se tak stává nástrojem optimalizace nákladů vypočtených v širších souvislostech obchodních vztahů a cen.

Další použití (zatím asi jen teoretické) by mohlo být alternativní směrování dle kritérií, zjišťovaných jinými testovacími a dohledovými systémy. Např. dle aktuálně dostupné nejvyšší úspěšnosti volání, nejnižší chybovosti, nejlepší kvality hovorových cest apod.



Obr. 2 Alternativní směrování provozu do více propojených sítí

### ■ Přelivové směrování

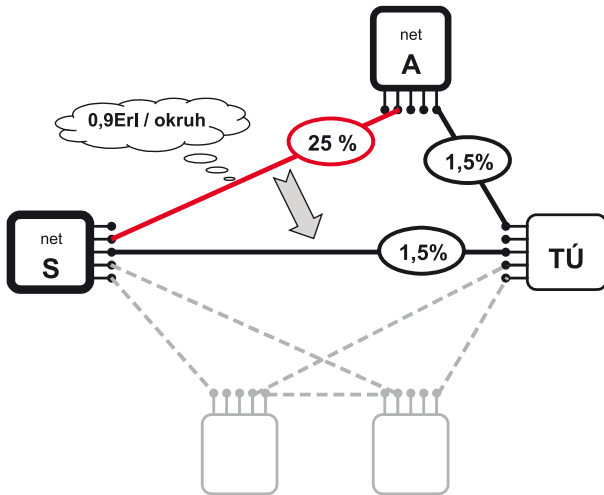
Přelivové směrování je zobrazeno na obr. 3. Podstatou je automatické směrování provozu do náhradní spojovací cesty v situacích, kdy je základní nebo následující směr výběru dočasně obsazen (overflow).

### Historické využití

Pomocí přelivu se dosahuje vysoce efektivní využití přípojných bodů ústředn a přenosových kapacit. Aplikuje se na směry s velkým provozním zájmem. Přímé spojovací svazky (příčky) se dimenzují na větší míru provozních ztrát (až 25 %) a tím je zajištěno maximální vytížení (přes 0,9 Erl) okruhu v provozních špičkách. Přesto zůstává služba zajištěna přelivově přes tranzitní svazky. Vhodně se tím řešil nedostatek přenosových a spojovacích kapacit, které se chronicky nedostávaly prakticky kdekoli v analogové éře telekomunikací.

### Současná aplikace

Přelivové směrování ztrácí na významu. Díky digitálnímu spojování a přenosu hlasových služeb, obrovské nabídce vysokokapacitních optických a dalších médií trvale klesají ceny přípojných bodů digitálních sítí a cest. V případě existujícího provozního zájmu je jednodušší posílit příslušné svazky dalšími okruhy, než pracně ladit přelivový výpočet. Efektivně snad může řešit obsluhu provozu v případech vysoce nerovnoměrného provozního zájmu, strmě rostoucím v hlavní provozní hodině (HPH).



Obr. 3 Přelivové směrování provozu přes více propojených sítí

### ■ Zálohové směrování

Zálohové směrování provozu přes více propojených sítí je zobrazeno na obr. 4. Vlastností tohoto typu směrování je volba náhradní spojovací cesty v případě nefunkčního stavu preferovaného propojení nebo síťového prvku (backup). Rozdílem zálohování oproti principu přelivu je kritérium poruchy, nikoliv provozního přetížení.

#### Historické využití

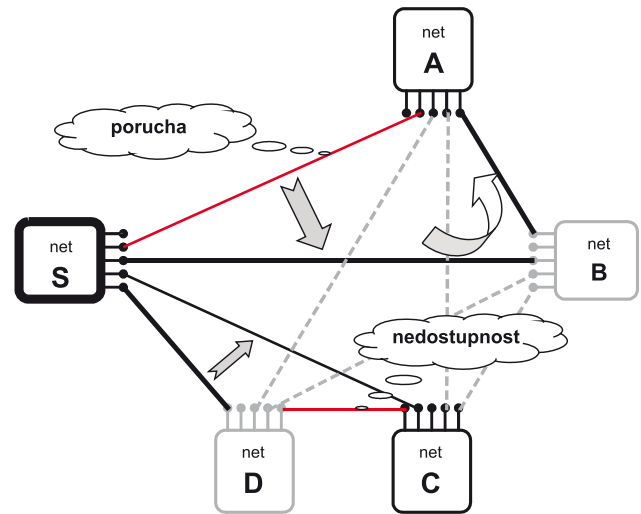
Výběr záložní cesty, pokud byla dostupná, zvyšoval odolnost služby před výpadky provozu a zlepšoval spolehlivost telefonní sítě. Význak poruchového stavu je společný pro všechny okruhy v daném svazku a zabraňuje jejich obsazování po celou dobu trvání poruchy. Stejným způsobem je indikována nefunkčnost navazujících spojovacích cest, ať již byla zapříčiněna poruchou ústředny, dálkových voleb, přenosového systému nebo trasy.

#### Současná aplikace

V zásadě se účel zálohového směrování nemění, významně posiluje spolehlivost i v digitálních telefonních sítích. Díky novým vlastnostem, které přinesly signalizační systémy SS7 a SIP se může rozšířit aplikace zálohování i na kritérium nedostupnosti, nikoliv pouze poruchy (fallback). Předchází se tak spojení do svazku, který se sice prezentuje jako funkční bez poruchy, ale např. požadované telefonní číslo neobsahuje, bylo přeneseno apod. a spojení by bylo neúspěšné. Obdobná situace nedostupnosti může být zapříčiněna také poruchovým stavem v navazujícím síťovém prvku, který volené číslo obvykle obsluhuje, ale aktuálně je nefunkční. Tyto příčiny jsou reprezentovány indikátory Cause, např. 15 (Call rejected/hovor odmítnut) ve zprávách ISUP v částech signalizačních systémů SS7, SIP a dalších.

Reakcí sledovaného spojovacího systému na takové odmítnutí by mělo být použití zálohového směrování do dalšího dostupného směru. Pokus o sestavení spojení tak může pokračovat a být úspěšně zrealizován dalšími záložními cestami. V analogových signalizacích takové možnosti neexistovaly a spojení v situaci dočasné nedostupnosti v hlavním směru končilo neúspěchem. Volající byl informován nějakým kont-

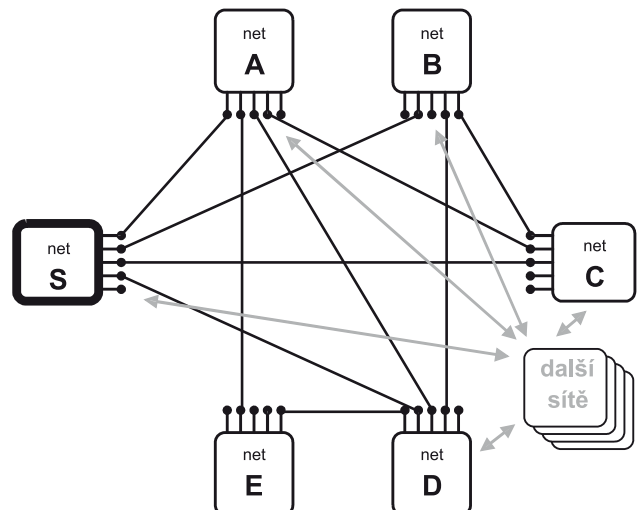
rolním tónem nedostupnosti (rychlý obsazovací tón, odkazovací tón „halali“ apod.) a volbu požadovaného účastnického čísla bylo nutno opakovat, zkusit znovu nebo odložit.



Obr. 4 Zálohové směrování provozu přes více propojených sítí

### ■ Kombinace metod a další vývoj

Šedivá je teorie, ale košatý je strom života. V reálné praxi není použita žádná metoda variantního směrování dogmaticky dle uvedených principů. Topologicky se jednotlivé svazky nededikují jako výhradně hlavní, zálohové, přelivové či alternující (viz obr. 5). Podle analýzy voleného čísla, času a ceny se jejich použití vzájemně kombinuje, prolíná a mění. Jedna a táž spojovací cesta má poslání pomocí LCR např. jako základní, pro terminaci provozu do pevných sítí jednoho operátora v některých zemích s vyloučením provozu na IP služby, jako alternativa do domácích mobilních sítí a záloha pro zemi sousední. Souběžně ale může sloužit v roli tranzitování zcela jiných cílů provozních toků. Trvalými změnami v tržním prostředí telekomunikací se pak takové kombinace průběžně mění a vyvíjí. No a v případě mimořádných provozních situací v síti a kumulaci poruch se hodí každý funkční svazek k nouzovému odbavení volání nebo pokusu o něj.



Obr. 5 Zálohové směrování provozu přes více propojených sítí

Díky principům variantního směrování a prudkému vývoji informačních technologií lze očekávat další vývoj k samoučícím se adaptivním systémům až k futuristické vizi umělé inteligence v telekomunikačních sítích. Analogii vidíme ve způsobech adresace a směrování čistě datového provozu v internetu a dalších datových sítích. V tomto srovnání jde již nyní o poněkud pokrokovější řešení, než současná praxe spojování v telefonních službách a aplikacích.

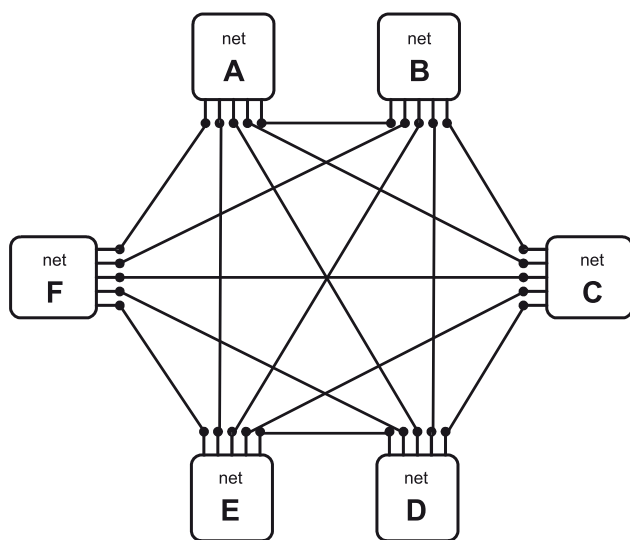
### ■ Propojování sítí

Další popis vychází ze základního předpokladu zajištění síťové neutrality pro telefonní služby. Všechna regulérně přidělená telefonní účastnická čísla a přístupové kódy k sítím a službám by měla být vzájemně zcela dostupná všem sítím a uživatelům. Taková úplná interoperabilita je realizována metodami propojování operátorských sítí.

Požadavky na restriktce nebo naopak preference dostupnosti určitých čísel, kódů a jejich skupin by měla být vždy řešena až v aplikační úrovni poskytování služeb. Možnou formou jsou doplňkové služby, individuálně či skupinově sestavované seznamy zakázaných, povolených, upřednostňovaných čísel a kódů (White, Black, Colored Lists) či uplatnění provozních filtrů. Použití takových nástrojů má být možností výběru a volby účastníka, příp. oprávněného regulátora trhu.

Tato problematika není předmětem příspěvku a déle je předpokládána plně transparentní, nediskriminační funkce infrastruktury sítí.

### ■ Přímé propojení



Obr. 6 Úplný polygon přímých propojení

K dosažení plné vzájemné dostupnosti národní telefonní infrastruktury výhradně metodou přímého propojování by vznikl úplný polygon všech existujících sítí, způsobem každá s každou (viz obr. 6). Tento stav je však pouze teoretický. Počet dvoustranných propojení  $P$  při celkovém počtu  $S$  sítí je dán množstvím kombinací (bez opakování), tedy podle vzorce:

$$P = \binom{S}{2} = \frac{S!}{2!(S-2)!}$$

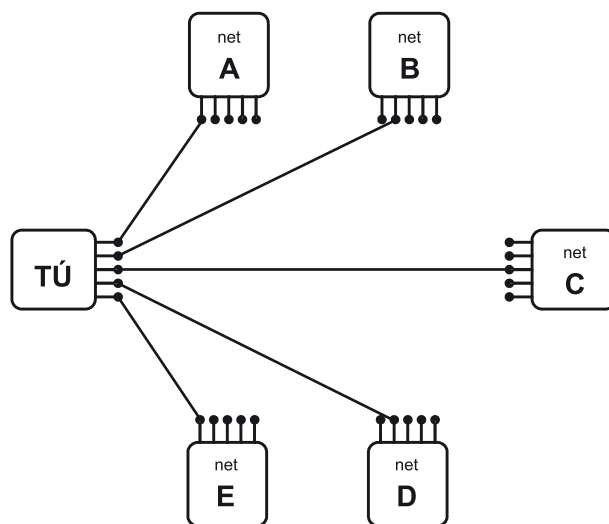
Pokud odhadujeme, že např. v ČR může existovat 130 různých telefonních sítí, musely by být vzájemně propojeny prostřednictvím 8385 obousměrných svazků. Takové množství propojení nelze reálně vybudovat, technicky spravovat, administrovat atomizované směrovací databáze a řešit vzájemné obchodní vztahy takto propojených subjektů. Teoretický extrém úplného polygonu sítí je zde uveden pouze pro ilustraci této topologie.

Výhodou přímého propojování je vysoká bezpečnost a minimální citlivost celé sítě na poruchy jednotlivých elementů při využití variantních metod směrování provozu.

### ■ Nepřímé propojení

Opačným teoretickým extrémem propojování je model, ve kterém má každá síť výhradně jediné propojení k určené nadřízené síti s tranzitní funkcí (viz obr. 7). Tak je realizováno centrální spojování veškerého vzájemného provozu. Principy a nevýhody jsou stejné, jako je popsáno v úvodní části kapitoly 2.

Hvězdicová topologie propojení všech sítí se jednoduše a pružně spravuje, minimalizovány jsou obchodní vztahy, na první pohled neúčelné činnosti a nadbytečné náklady apod. Tyto zdánlivé výhody jsou však charakteristikou přísně hierarchické struktury a tzv. přirozeně monopolního řešení, které je již historicky a technologicky překonáno. Rovněž tento plně hvězdicový model topologie sítí je zde uveden jako teoretický, pro ilustraci.



Obr. 7 Úplná hvězdice přímých propojení

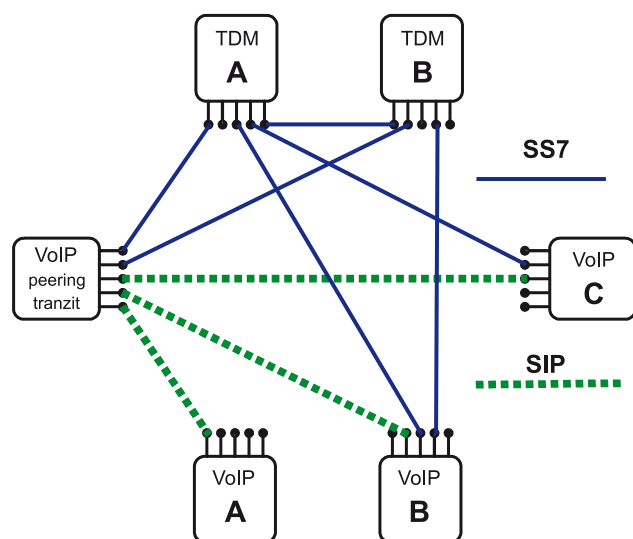
### ■ Smíšené propojování a IP telefonie

V praxi jsou pragmaticky uplatňovány smíšené způsoby propojování sítí (viz obr. 5). Rozvaha, se kterými operátory vytvořit přímá propojení sítí, a kteří z nich budou zajišťovat nepřímá propojení, je dána strategickými plány operátora a možností vzájemných dohod. Podkladem ke konkrétní volbě topologie propojení je předpoklad poptávky vlastního provozu, měření skutečných objemů a jejich vývojové trendy. Rozhodující bývá koncepce zajištění propojení s operátory s významným postavením na trhu, zpravidla s incumbentem pevných



sítí a poskytovateli mobilních služeb. Operátor sledované sítě vybírá, se kterými velkými sítěmi se propojí přímo a které z nich mu zajistí tranzitování provozu k nepřímo připojeným sítím, nebo zda si zvolí zprostředkovatele prakticky většiny objemu provozu s celým telefonním světem. Pro malé sítě, které teprve začínají působit na trhu a obsluhují malé provozní objemy, jsou obchodně nedostupná přímá propojení s nejvýznamnějšími sítěmi. Efektivně lze využít služeb zprostředkovatelů nebo agregátorů provozu na trhu.

Výhodné je sdružování operátorů služeb internetové telefonie VoIP. Z podstaty jejich spojovacích protokolů (nyní již převládajícího SIP) je kvalitativně i obchodně vhodné realizovat přímé i nepřímé propojování mimo TDM sítě. Vyhnu se tak nadbytečné protokolové konverzi spojené s propojením v SS7 pro volání, která mají původ i zakončení ve VoIP sítích. Jejich nepřímé propojování přes TDM zbytečně degradují výsledné parametry spojení v rychlosti budování spojení, zhoršení kvality hovorové cesty, spolehlivosti a také nákladovosti služby. Obdobně jako v problematice směřování datových IP provozů roste potřeba tzv. peeringového spojování hlasových paketů služeb VoIP. Díky rozvoji a cenám IT technologií je technická realizace takového bezkonverzního tranzitování telefonního provozu velmi rychlá a dostupná. Z tohoto hlediska teoreticky nic nestojí v cestě možnosti přímého propojování VoIP sítí metodou každá s každou (viz odst. 3.1) a operátoři VoIP takto někdy provozují příčkové svazky mezi sítěmi. Vzhledem k množství sítí však neúměrně roste náročnost správy směrovacích databází, počtu obchodních vztahů a zajištění vzájemného odúčtování provozu. Praktické řešení přináší nabídka hlasových peeringových center, které zajišťují více centralizovanou správu nepřímého propojování provozu mezi VoIP sítěmi v národním i mezinárodním rozsahu. Funkce bezkonverzního spojování je u nich v podstatě stejná, liší se však nabídkou služeb a obchodních modelů.



Obr. 8 Peeringové propojování VoIP a TDM sítí

V ČR v roce 2010 zprovoznila Asociace operátorů digitální telefonie, z.s.p.o. tzv. Peeringový uzel AODT, který nabízí svým členům možnost tranzitování vzájemného provozu mezi jejich sítěmi. Hlavním účelem je spojování (hvězda), předpokládáno je obchodní řešení prostřednictvím bilaterálních dohod členů (polygon).

Jiný model služeb umožňuje Centrum telefonních sítí, provozované xPhoNet CZ s.r.o., které v dubnu 2010 ukončilo více než roční zkušební provoz a nabízí již standardní služby, dostupné všem VoIP operátorům. Nedílnou součástí služeb tranzitu peeringového provozu je jednoduchý billingový princip, který řeší jediný obchodní vztah mezi tranzitujícími partnery. Na takovém B2B základě je poskytována řada dalších služeb poskytovatelům telefonních služeb.

V září 2009 byl na 48. Kongresu FITCE v Praze v přednášce J. O'Sullivanova z Eircom Ireland [5] popsán rozvoj zcela nových procesů a obchodních modelů na velkoobchodním trhu VoIP a jejich velký tržní potenciál. Oba konkrétní uvedené příklady z ČR ilustrují, jak se tento trend naplňuje, a vznikají projekty tradičních telefonních služeb v novém technologickém prostředí.

## ■ Závěr

V tomto příspěvku byly popsány obecné principy variantního směřování telefonního provozu v širších souvislostech. Uvedené metody mají velký význam v silně konkurenčním velkoobchodním prostředí propojování telefonních sítí. Dobře promyšlenou volbou kombinací přímého a nepřímého propojení a aplikací vhodných algoritmů alternativního směřování může získat operátor nové zajímavé příležitosti k růstu vlastní výkonnosti a efektivity. Perspektivní postavení v uvedené problematice mají operátoři a poskytovatelé služeb internetové telefonie.

Ing. Radomír Šenkýř  
radomir.senkyr@phonet.cz

## Poznámka

Obsah tohoto článku byl přednesen na 4. dvoudenním odborném semináři „Teorie a praxe IP telefonie“ 23. listopadu 2010 v Kongresovém centru hotelu Olšanka. Úplný program a archiv přednášek je dostupný na [www.ip-telefon.cz](http://www.ip-telefon.cz).

## LITERATURA

- [1] Stránky [http://en.wikipedia.org/wiki/Strowger\\_switch](http://en.wikipedia.org/wiki/Strowger_switch).
- [2] Svoboda, J. a kolektiv: *Telekomunikační technika, Díl 2. Přenos dat, spojovací a přenosové systémy*. 1. vyd. Praha: Hüthig&Beneš, 1999. 142 s. ISBN 80-901936-4-1.
- [3] Sborník 48th FITCE Congress, Prague 2009, str. 120-123.
- [4] Stránky seminářů o IP telefonii [online, cit. 2009-12-08]. Dostupné z: [www.voip-forum.cz/](http://www.voip-forum.cz/).
- [5] Zprávy o peeringovém uzlu AODT. Dostupné z: <http://www.aodt.cz>.
- [6] Stránky Centra telefonních sítí xPhoNet. Dostupné z: [www.xphonet.eu](http://www.xphonet.eu); [www.xphonet.cz](http://www.xphonet.cz).
- [7] Stránky VoIP a Telekomunikace. Dostupné z: <http://www.amapro.cz>.

