

Implementace kvality služeb v mobilní síti UMTS TDD

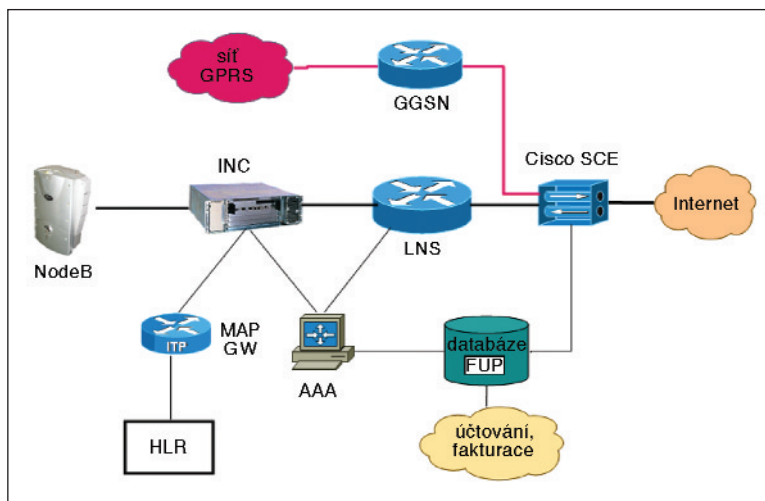
Úvod

Kvalita služeb (QoS) je v současné době v různých souvislostech hodně používaný pojem. Většinou se s ním však setkáváme hlavně ve vztahu k fixním sítím. Jak je to ale s kvalitou služeb v sítích mobilních? Je i zde kvalita služby podporována? A jak?

Nejprve shrňme základní fakta ohledně sítě UMTS TDD. Operátor T-Mobile CZ si jako dodavatele své sítě UMTS TDD vybral firmu IPWireless. Síť je postavena podle standardu 3GPP Release 5, což určuje mimo jiné i parametry, jako jsou maxi-

směr od uživatele (uplink), zpoždění se v závislosti na podmínkách pohybuje ko-

lepší šíření signálu, a i z tohoto důvodu je uvedené pásmo primárně použito při pokrývání míst mimo Prahu.



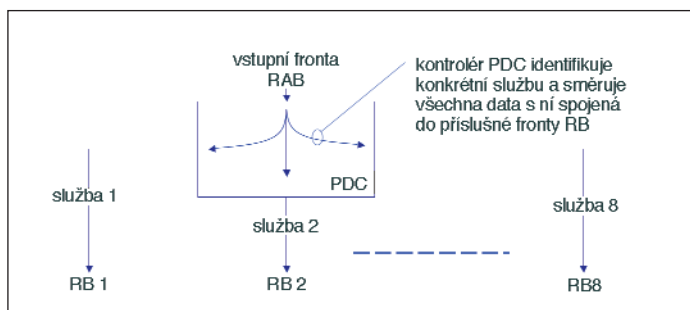
Obr. 1 Architektura sítě UMS TDD

Architektura sítě

Architekturu sítě UMTS TDD realizované pro T-Mobile ukazuje obr. 1. Síť obsahuje standardní části jako systém základnových stanic NodeB, kontrolér INC, server LNS a další.

Hlavní větev – NodeB, INC, LNS, Cisco SCE

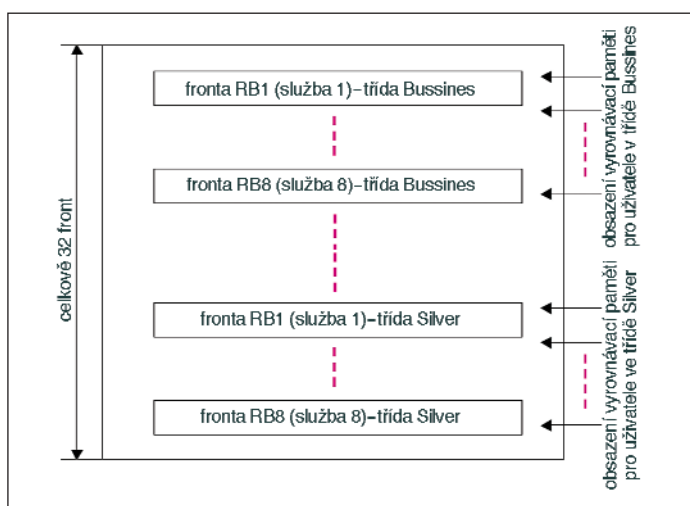
Základnová stanice NodeB slouží pro komunikaci s uživatelským terminálem UE. Kontrolér INC zde plní funkci mobilní ústředny a aplikují se na něm omeze-



Obr. 2 Směrování jednotlivých služeb do příslušných front RB

	Bity 0-3	4-7	8-15	16-18	19-31	
0	verze	délka hlavičky	typ služby	celková délka		
32	identifikace			příznaky	posun fragmentu	
64	životnost	protokol		kontrolní součet hlavičky		
96	adresa odesílatele					
128	cílová adresa					
160	volby (volitelná délka)					
...	Data					

Obr. 4 Hlavička IP-paketu verze 4



Obr. 3 Kontrola všech 32 front

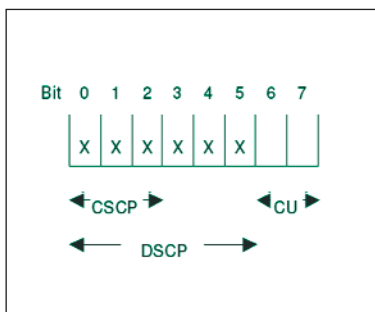
	Bitů 0–3	4–7	8–11	12–15	16–19	20–23	24–27	28–31
0	verze	třída provozu		značka toku				
32	délka dat				další hlavička		maximum skoků	
64	adresa odesílatele							
96								
128								
160								
192	Cílová adresa							
224								
256								
288								
320	Data							
...								

Obr. 5 Hlavička IP-paketu verze 6

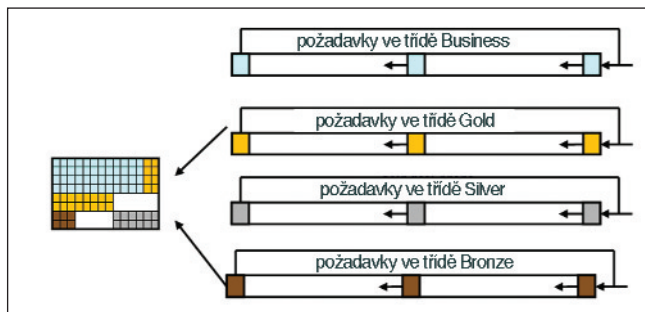
mální sektorová rychlost, která činí u R5 přibližně 6 Mb/s, nebo zpoždění. Maximální sektorová rychlost je rozdělena v rámci časového dělení na 4,75 Mb/s pro směr k uživateli (downlink) a 1,1 Mb/s pro

směr od uživatele (uplink), zpoždění se v závislosti na podmínkách pohybuje kolem 60 ms. Firma IPWireless připravila řešení jak v pásmu 1,9 GHz (1910 MHz až 1915 MHz) (toto pásmo je použito v Praze), tak v pásmu 872 MHz (872,0–875,8 MHz). Výhodou nižšího frekvenčního pásma je

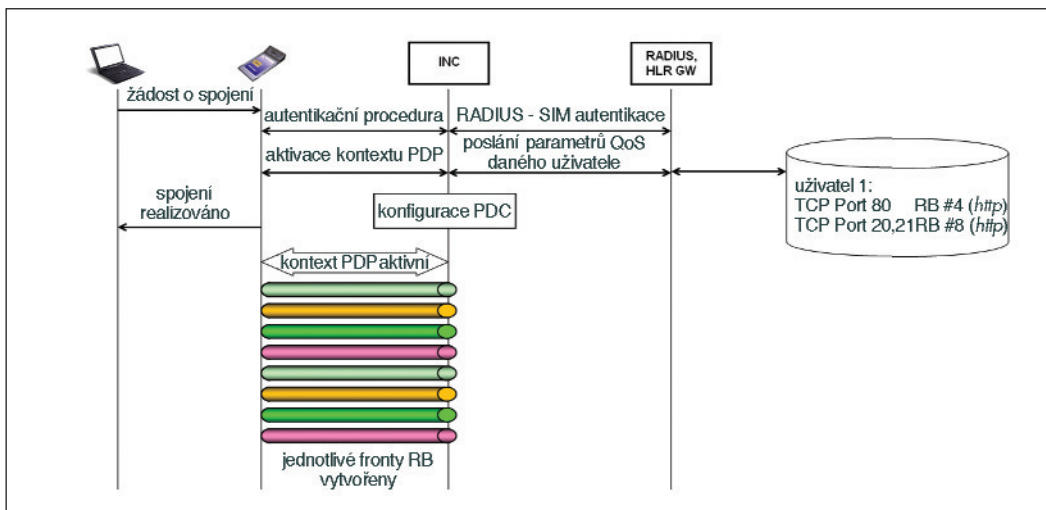
lepší šíření signálu, a i z tohoto důvodu je uvedené pásmo primárně použito při pokrývání míst mimo Prahu.



Obr. 6 Pole DS

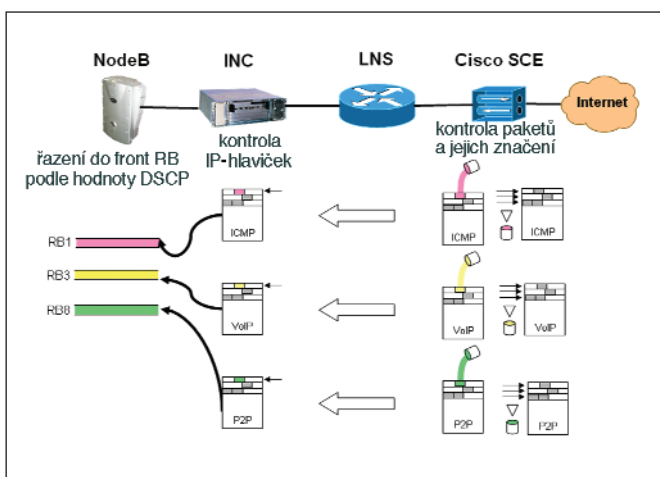


Obr. 7 Mapování jednotlivých tříd služeb



Obr. 8 Proces od požadavku na sestavení spojení po vytvoření front RB

Tabulka 1 Rozdělení aplikací do tříd			
Třída služeb	služba	DSCP	RB
síťová	ICMP		
administrace	DNS	EF	RB1
streamované služby	streamované video	AF4	RB3
	VoIP (Skype)		
prohlížení stránek (browsing)	HTTP	AF2	RB4
	HTTPS		
standardní	e-mail	AF1	RB6
	ostatní služby		
P2P služby	P2P	BE	RB8
	FTP		



Obr. 9 Priority přenášených služeb a řazení do front

různou maximální rychlost, navíc mají zákazníci s vyššími tarify větší prioritu odebavení dat.

z obr. 1 patrné, toto zařízení slouží nejen pro analýzu dat pro síť UMTS TDD, ale používá se pro tytéž účely i u sítě

GSM-GPRS/EDGE. V současné době je tato funkcionality aplikována pouze pro směr k uživateli (tj. pro download).

Obecný princip filtrování provozu

Základním principem je filtrování datového provozu do několika front RB (Radio Bearer) na základě profilů definovaných operátorem, např. protokol HTTP se nasměruje do fronty RB1, provoz FTP do fronty RB2 atd. (viz obr. 2).

Celkem je definováno osm front RB pro jednu třídu služeb. Dohromady existují čtyři třídy služeb (Bronze, Silver, Gold a Business), z čehož plyne, že celkově existuje 32 front (tj. již zmíněných osm pro každou třídu). To znamená, že je nutné mít 32 různých váhových parametrů (jeden pro každou frontu) (viz obr. 3).

Požadavky na kontrolér PDC

Na kontrolér PDC jsou kladeny tyto požadavky:

- kontrolér PDC musí být schopen filtrovat datový tok do osmi front (RB1 až RB8),
- kontrolér je informován, zda je filtrování založeno na definovaných profilech služeb nebo na poli Diffserv v záhlaví IP-paketu,
- je možné mít rozdílné konfigurace pro směr k uživateli (DL) i od uživatele (UL),
- Kontrolér je schopen filtrovat datový tok na základě:
 - typu protokolu (ICMP, TCP, UDP);
 - zdrojových nebo cílových portů (resp. rozsahů portů);
 - IP-adresy nebo rozsahu IP-adres;

Tabulka 2 Typy služeb		
Třída	DSCP Hex	DSCP Dec
BE	0x00	0
AF11	0x0a	10
AF12	0x0c	12
AF13	0x0e	14
AF21	0x12	18
AF22	0x14	20
AF23	0x16	22
AF31	0x1a	26
AF32	0x1c	28
AF33	0x1e	30
AF41	0x22	34
AF42	0x24	36
AF43	0x26	38
EF	0x2e	46

Server LNS obsahuje seznam všech přístupových bodů APN (Access Point Name) a směrovací profily aplikované právě na základě použitého přístupového bodu.

Dále je součástí sítě i zařízení od firmy Cisco SCE (Service Control Engine), které slouží pro analýzu přenášených dat. Jak je

- velikosti paketu;
- celkového objemu dat daného konkrétním spojením;

Výměna definovaných profilů služeb bude probíhat pomocí signalizace RANAP (mezi PDC v UTRAN části sítě a Radius serverem).

Kontrolér PDC monitoruje celkový objem dat přenášený každým TCP spojením; pokud tento objem dosáhne definované limitní hodnoty, bude tento tok dále považován za tok FTP a zařazen do příslušné fronty.

Značení paketů DSCP

Pro nás je důležité pole DSCP (Differentiated Services Code Point), ve kterém je

přenášena informace o frontě, do které se má příslušný paket zařadit. To znamená, že pro různé služby jsou definovány různé hodnoty pole DSCP. Kontrolér PDC pak na základě analýzy tohoto pole určí, do jaké fronty RB má být daný paket zařazen.

Pole DSCP je obsaženo v hlavičce IP-paketu. Hlavička IP-paketu verze 4 je zobrazena na obr. 4.

Hlavička IP-paketu verze 6 je zobrazena na obr. 5.

Nás zajímá hodnota pole Typ služby (IPv4) nebo Třída provozu (IPv6), které obecně slouží pro služby s definovanou kvalitou. Toto pole je označováno jako DS (Differentiated Services Field), které detailně definuje RFC 2474. Toto pole o velikosti 1 byte je zobrazeno na obr. 6.

Pole DS se skládá z těchto částí:

- DSCP (Differentiated Service Code Point),
- CSCP (Class Selector Code Point),
- CU (Currently Unused).

Konkrétní řešení v síti UMTS TDD operátora T-Mobile

Firma IPWireless umožňuje efektivnější alokaci zdrojů na rádiovém rozhraní díky implementaci:

- tříd služeb (ToS), které umožňují definovat odlišné třídy uživatelů (v našem případě třídy Bronze, Silver, Gold a Business),
- kvality služeb (QoS), která umožňuje v rámci jedné uživatelské třídy dále rozlišovat a upřednostňovat jednotlivé přenášené služby/protokoly.

Operátor T-Mobile používá čtyři třídy služeb (viz výše). U každé třídy může být nastavena jiná maximální rychlost, kterou může uživatel v dané třídě dosáhnout, což je s výhodou použito při tvorbě různých tarifů pro zákazníky. Jak již bylo řečeno, každý zákazník musí mít přiřazenou jednu třídu služeb – toto přiřazení posílá Radius server během procesu autorizace v parametru Vendor Specific Attributes. Mapování jednotlivých tříd je zobrazeno na obr. 7.

Každá třída služeb obsahuje osm front (RB1 až RB8) mapovaných na konkrétní rádiové nosné. Toto nastavení se provádí pomocí programu pro správu sítě Element Manager (EMS) a může být pro každou buňku jiné.

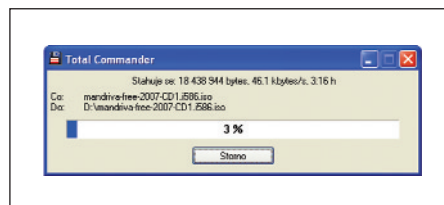
Celý proces od požadavku na sestavení spojení po vytvoření front RB je uveden na obr. 8.

Zařízení SCE (viz obr. 1), které slouží právě pro rozlišení jednotlivých přenášených protokolů a služeb, analyzuje přenášená data až na aplikační vrstvě referenčního modelu OSI. Funkcí identifikace přenášené služby disponuje i kontrolér INC, ale použitý algoritmus je velmi prostý (analýza na základě použitých portů)

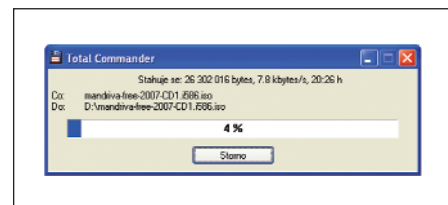
a koncový uživatel ho může poměrně jednoduše obejít. Proto je tato funkce na kontroléru INC vypnuta a k analýze se používá primárně zařízení SCE.

Jak již bylo zmíněno, přenášená data se rozlišují podle použité služby, respektive podle použitého protokolu. K tomuto označení se používají rozlišované služby

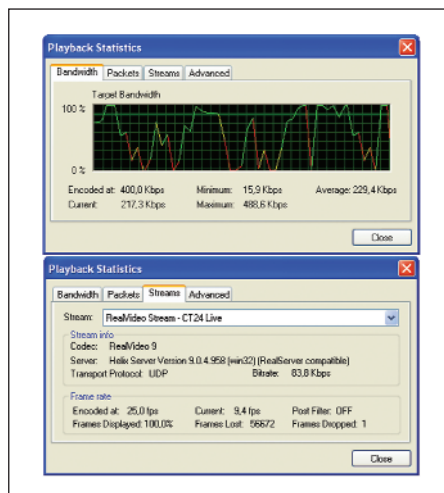
Hodnoty pro jednotlivé typy služeb v hexadecimálním a dekadickém stavu jsou uvedeny v tabulce 2. T-Mobile však využívá jen položky označené značkou®. Výše popsaný postup modifikace hlavičky IP-paketu podle přenášené služby na straně SCE a řazení do front na straně INC ukazuje obr. 9.



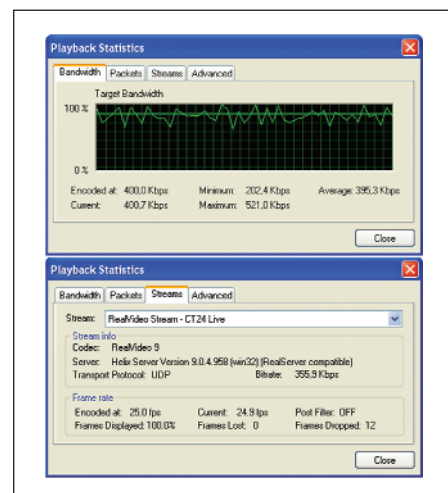
Obr. 10 Stahování souboru přes protokol FTP – bez použití priorit



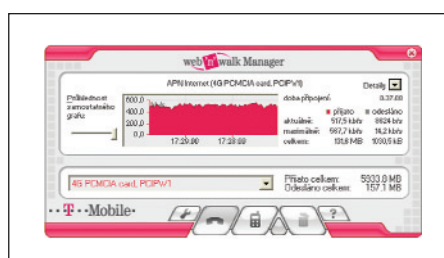
Obr. 13 Stahování souboru přes protokol FTP – s použitím priorit



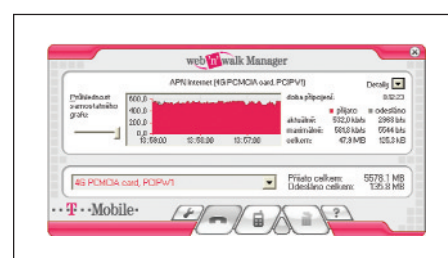
Obr. 11 Detail streamovaného videa – bez použití priorit



Obr. 14 Detail streamovaného videa – s použitím priorit



Obr. 12 Detail celkového datového toku – bez použití priorit



Obr. 15 Detail celkového datového toku – s použitím priorit

řešení kvality služby QoS v IP-sítích. Ke vzájemnému rozlišení jednotlivých datových toků se využívá pole DSCP (Differentiated Services Code Point) obsažené v IP-hlavičce (šest nejvýznamnějších bitů pole DiffServ). Pakety s takto upravenou hlavičkou jsou přenášeny sítě až do kontroléru INC, kde se provádí kontrola pole DSCP. Podle hodnoty v tomto poli se pak pakety zařazují do jednotlivých front RBx (Radio Bearer), kde x značí prioritní frontu. Rozdělení jednotlivých aplikací/protokolů do tříd je popsáno v tabulce 1. Zkratka EF značí Expedited Forwarding, AF je zkratkou pro Assured Forwarding a BE pro Best Effort. Konkrétní hodnoty se pak u jednotlivých tříd služeb liší.

Kromě identifikace přenášených toků slouží zařízení SCE ještě k omezování toků po dosažení kvóty (FUP). Jestliže uživatel vyčerpá přidělenou měsíční kvótu (její velikost závisí na použitém tarifu), propaguje se tato informace z databáze do zařízení SCE, kde dochází k omezení rychlosti toku dat směřujících k danému uživateli.

Analýza priorit přenášených dat – ověření

Cílem následujícího měření je ověřit použití priorit přenášených dat na základě přenášených služeb/protokolů. Zjistíme tak, zda je tato funkce v reálné síti použitelná a zda má kromě zřejmých výhod i své nevýhody. K analýze datového toku

(zjištění obsahu pole DSCP v IP-hlavičce) je použit program Ethereal (<http://www.ethereal.com>), který slouží pro analýzu většiny používaných síťových protokolů. Jako dvě hlavní zkoumané služby jsem zvolil videostreaming (streamovaná televize ČT24 na adrese [rtsp://stream2.visual.cz/broadcast/ct/CT24-High.rm](http://stream2.visual.cz/broadcast/ct/CT24-High.rm)) a přenos souborů pomocí protokolu FTP (stahování distribuce linuxu ze serveru ftp.linux.cz). Měření se provádí na telefonním čísle s třídou služeb Silver, pro kterou je maximální rychlost pro směr k uživateli (download) 512 kb/s.

Měření bez uplatňování priorit

Nejprve provedeme měření na zákaznickém čísle, u kterého se priority přenášených dat neuplatňují. Nemělo by zde tedy dojít k přednostnímu obslužení paketů spojených se sítíovou administrací nebo streamingem na úkor paketů protokolu FTP. Výsledek měření ukazují *obr. 10*, *obr. 11* a *obr. 12*. Na *obr. 10* je zobrazena rychlost stahování souboru přes protokol FTP, která činí 46,1 kb/s, průměrná rychlost byla 44,3 kb/s.

Na *obr. 11* jsou zobrazeny detaily streamovaného videa. Jak je z obrázků patrné, průměrná rychlost videostreamingu byla pouze 229,4 kb/s, rychlost datového toku velmi často kolísala, čímž samozřejmě velmi trpěla kvalita a hlavně plynulost streamovaného videa. Aktuální snímková rychlost činila pouze 9,4 obr./s. Celkový datový tok pro obě služby, který odpovídá limitu pro třídu Silver, je uveden na *obr. 12*.

Měření s uplatňováním priorit

Nyní provedeme měření na zákaznickém čísle, kde jsou priority přenášených dat zohledňovány. Zde by tedy již měl mít videostreaming větší prioritu (a ve výsledku i datový tok) než přenos souborů přes protokol FTP. Výsledek tohoto měření je zobrazen na *obr. 13*, *obr. 14* a *obr. 15*.

Obr. 13 ukazuje aktuální rychlost stahování souboru přes protokol FTP, která je nyní již jen 7,8 kb/s, průměrná rychlost pak činila 8,2 kb/s. Na *obr. 14* jsou zobrazeny detaily streamovaného videa. V pří-

padě zohlednění priorit přenášených dat měl datový tok pro videostreaming průměrnou rychlost 395,3 kb/s, rychlost se v průběhu času měnila je mírně, což mělo za následek plynulost a vysokou kvalitu streamovaného videa. Počet snímku za

bližně stejná (517,5 kb/s a 532,0 kb/s). Tato rychlost totiž není na použití nebo nepoužití priorit závislá, je určena třídou služby ToS (v našem případě Silver), která je v obou případech stejná (již dříve zmíněných 512 kb/s). Kromě výše uvedeného

se aplikací priorit na přenášená data i podstatně zvýší kvalita služby, protože při současném použití více služeb nedochází k degradaci těch časově kritických (streaming, VoIP apod.) – viz porovnání *obr. 11* a *obr. 14*.

Závěr

Z hlediska uživatele patří proces přenosu dat mezi nejdůležitější. Jeho parametry totiž výrazně ovlivňují kvalitu služby, a tím i spokojenost koncového uživatele s danou službou. Většina současných mobilních datových sítí nemá zatím podporu ToS nebo QoS implementovanou, nedochází u nich tedy k rozlišení různých skupin zákazníků (ToS) ani k zohlednění priorit jednotlivých služeb u konkrétního zákazníka (QoS). Pokud tedy zákazník používá několik služeb současně, pak může docházet k degradaci těch časově závislých (např. trhání nebo výpadky obrazu či zvuku u streamovaného videa), což ve výsledku vede ke snížení kvality služby.

Oproti tomu použitím analýzy přenášených dat a následným uvažováním priorit můžeme velmi efektivně nakládat se zdroji na rádiovém rozhraní, které představuje úzké hrdlo každé bezdrátové sítě. Nedochází zde pak totiž k plýtvání zdroji na služby typu P2P, ale zdroje jsou přednostně přidělovány službám nebo protokolům s vyšší prioritou. Výsledkem je pak spokojený uživatel, což je cíl každého operátora.

Již bylo několikrát zmíněno, že použití priorit je velmi užitečná funkce sítě, která zvýší kvalitu služby. V současné době je však tato funkce aplikovaná pouze na směr k uživateli (tj. download). I když tento směr přenosu v podílu na celkovém datovém toku výrazně převažuje, je potřeba se zamyslet i nad možností aplikace priorit na směr opačný, tj. na upload. Zde však narážíme na problém, jaké zařízení bude analýzu dat směrem do sítě provádět. Ve směru k uživateli se o analýzu a značení IP-paketů stará zařízení SCE, v opačném směru připadá v úvahu jen uživatelský terminál. Další otázkou je, na základě

Obr. 16 Analýza pole DSCP pro protokol FTP

Obr. 17 Analýza pole DSCP pro streaming

sekundu pak byl 24,9. Celkový datový tok je zobrazen na *obr. 15*.

Analýza naměřených hodnot

Nyní se podívejme pomocí již zmíněného programu Ethereal, zda se opravdu do pole DSCP propisují příslušné hodnoty (viz *tabulka 1* a *tabulka 2*). Na *obr. 16* je uveden detail pro přenos FTP. Jak je z *obr. 16* patrné, hodnota pole DSCP je opravdu 0x00 hexa. Analýza paketu UDP, který přenášel videostreaming, je na *obr. 17*. Pole DSCP opět obsahuje správnou hodnotu – v tomto případě 0x22 hexa.

Jak je z těchto měření patrné, aplikace priorit přenášených dat má na přenášené služby (a hlavně na jejich datový tok) opravdu výrazný vliv. Při aplikaci analýzy přenášených dat a následném uvažování priorit nastala u časově nekritického protokolu FTP změna z 44,3 kb/s na pouhých 8,2 kb/s, u streamingu, který časově kritický je, došlo ke zvýšení datového toku z 229,4 kb/s na 395,3 kb/s (a zvýšení počtu snímku za sekundu z hodnoty 9,4 na 24,9). Z porovnání *obr. 12* a *obr. 15* je jasné, že celková průměrná rychlost je při-

čeho se budou pakety řadit do jednotlivých front. Ve směru k uživateli se používá rozdělení podle *tabulky 1*, které může operátor kdykoliv měnit, protože je součástí centrální části sítě. Do případné obdobné tabulky na straně terminálu by už operátor takto jednoduchý přístup neměl. Jako nejvýhodnější řešení se jeví značení dat ve směru od uživatele na základě příchozích dat a hodnot v příslušných polích DSCP, tj. pro každou službu/protokol se pro odchozí směr použije stejná hodnota, jaká je použita v příchozím směru.

Další možností jak zlepšit kvalitu služby je určování priorit paketů na základě jejich velikosti, použité IP-adresy nebo roz-

sahu IP-adres, zdrojových nebo cílových portů (resp. rozsahů portů) nebo podle celkového objemu dat spojeného s konkrétním spojením TCP.

Při použití všech zmíněných možností použití priorit u dat v odchozím směru a následné modifikaci pole v hlavičce DSCP IP-paketu je však třeba si uvědomit jednu věc – toto pole může měnit i sám uživatel. Je tedy potřeba zabránit tomu, aby mohl uživatel podvrhnout hodnoty v poli DSCP, a tak si sám libovolně měnit priority jednotlivých datových toků.

Ing. Jiří Svoboda
katedra telekomunikační techniky
ČVUT-FEL