

VYSOKORÝCHLOSTNÝ ZOSTUPNÝ PAKETOVÝ PRÍSTUP V SIETI UMTS HIGH SPEED DOWNLINK PACKED ACCESS IN UMTS NETWORK

Vladimír Pšenák

Siemens Program and System Engineering s.r.o.,
Bytčická 2, 010 01 Žilina., tel.: +421 907 898 215, mail: vladimir.psenak@siemens.sk

Vladimír Wieser

Katedra telekomunikácií, Elektrotechnická fakulta ŽU v Žiline
Veľký diel, 010 26 Žilina, tel.: +421 41 513 2260, mail: wieser@fel.utc.sk

Abstrakt Vysokorýchlostný zostupný paketový prístup HSDPA implementovaný v UMTS sieti poskytuje používateľom dátovú rýchlosť takmer 10 Mbit/s. Dosiahnutie vysokej dátovej rýchlosti umožní nové prvky riadenia a kontroly spojenia a taktiež zmena adaptácie výkonu na adaptáciu modulácie a kódovania. Prínosom je najmä sprístupnenie dátových služieb, ktoré vyžadujú veľký dátový tok v zostupnom smere.

Summary High speed downlink packet access added to UMTS network provides to users data speed up to 10 Mbit/s. The achievement of high data speed is possible due to new link management and link control, and also due to change from power adaptation to modulation and coding adaptation. The most important benefit is an accessing of data services, which request big downlink data flow.

1. ÚVOD

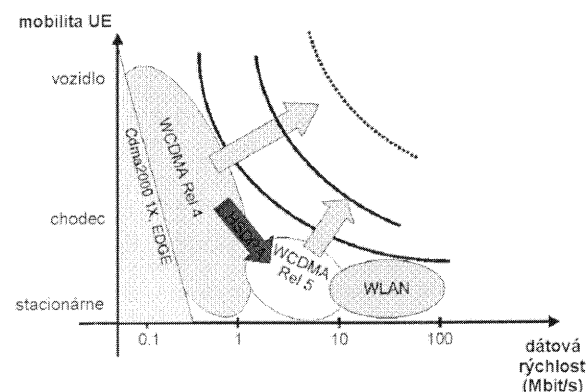
Vysokorýchlostný zostupný paketový prístup HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) má za cieľ zvýšiť maximálnu prenosovú rýchlosť, kvalitu služieb a v neposlednom rade zvýšiť spektrálnu účinnosť pre zostupné asymetrické dátové služby v univerzálnom mobilnom telekomunikačnom systéme UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). Táto dátová služba je založená na paketovej prevádzke a výhodne využíva dostupné prostriedky, ktoré ponúka systém založený na širokopásmovom viacnásobnom prístupe s kódovým delením W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), na dosiahnutie prenosovej dátovej rýchlosti 8 až 10 Mbit/s a pri použití kanála s viacnásobným vstupom – viacnásobným výstupom MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) až 20 Mbit/s.

Implementácia HSDPA do systému obsahuje adaptáciu modulácie a kódovania, opakovanie vysielania na základe požiadavky, rýchle vyhľadanie základňovej stanice, zdokonalené vlastnosti prijímača a nasledujúcej verzii sa uvažuje aj o využití MIMO kanála [1].

Štandardy partnerského projektu pre vývoj 3. generácie mobilných systémov 3GPP (Third Generation Partnership Project) počínajúc vydaním Release¹ 4 poskytujú účinnú podporu internetového protokolu IP (Internet Protocol), čo umožňuje predpokladať pri nasledujúcom vývoji siete, že nové služby budú poskytované cez úplnú IP

základnú sieť CN (Core Network) [14]. Z tohto dôvodu sa počíta so zavedením štandardu HSDPA vo vydaní Release 5 a s využitím MIMO kanála vo vydaní Release 6. Štandard HSDPA je vytvorený tak, aby bol spätne kompatibilný s vydaním Release 99 systému UMTS, čo podstatne zjednodušuje implementáciu do systému [1].

Vývoj dátových prenosových rýchlostí v mobilných rádiových sieťach je vidieť na obr. 1.



Obr. 1 Vývoj dátových prenosových rýchlostí v mobilných rádiových sieťach

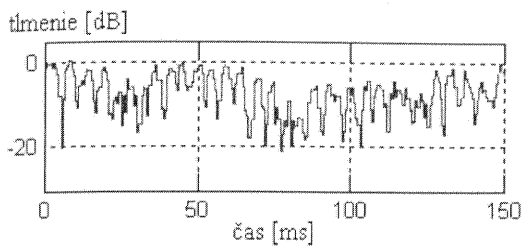
Fig. 1 Data transmission rates evolution in mobile radio networks

2. ŠTRUKTÚRA

Základom pre správnu funkciu HSDPA je informácia o stave prenosového rádiového kanála, ktorú uzlu B (Node B) poskytuje účastnícky terminál UE (User Equipment). Na obr. 2 je graficky znázornený krátkodobý únik signálu, ktorý

¹ Označenie verzie odporúčani 3GPP pre mobilnú rádiovú sieť 3G UMTS

najviac ovplyvňuje prenos rádiového signálu v mobilných sieťach.



Obr. 2 Krátkodobý únik v mobilnom rádiovom kanáli

Fig. 2 Short-term fading in mobile radio channel

V prípade, že sa kanál nachádza v nepriaznivom stave (únik signálu dosahuje až 20 dB) poskytne UE túto informáciu uzlu B, ktorý rozhodne o použití robustnej modulácie a kódovacej schémy s vysokým kódovým ziskom tak, aby sa preklenul časový interval, počas ktorého je kanál nevhodný na prenos dát vysokými dátovými rýchlosťami. V opačnom prípade, kedy je kanál v priaznivom stave, môže uzol B nastaviť menej robustnú moduláciu a kódovacia schému s malým kódovým ziskom tak, aby sa dosiahla maximálna možná prenosová rýchlosť. V prípade, že pri prenose došlo k chybe v prenášanom pakete, prenos sa zopakuje. Implementácia vyššie popísaného princípu koncepcie HSDPA do existujúceho systému UMTS vyžaduje nasledovné technické riešenia, ktoré umožnia dosiahnuť prenosové rýchlosti až 10 Mbit/s na úrovni fyzickej vrstvy [2]:

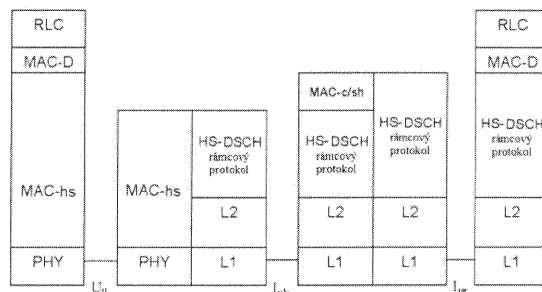
- Tri časové okná, označované ako prenosový časový interval TTI (Transmission Time Interval), ktorých celkové trvanie je 2 ms.
- Indikáciu kvality kanála CQI (Channel Quality Indication).
- Adaptáciu modulácie a kódovania AMC (Adaptive Modulation and Coding).
- Zmenu konštelácie signálových bodov na 16QAM.
- Hybridnú metódu ARQ – H-ARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest).
- N-kanálový protokol Zastav a Čakaj - N-channel SAW (N-channel Stop and Wait protocol).
- Riadenie prístupu k prenosovému prostrediu pre HSDPA MAC-hs (Medium Access Control - High Speed).
- Rýchly výber základňovej stanice FCSS (Fast Cell Site Selection).

Implementácia štandardu HSDPA vyžaduje zmeny hlavne v druhej vrstve L2 (Layer 2). Do vrstvy L2 budú vložené nové vysokorychlostné entity MAC, pričom dopad zmien na ostatné vrstvy bude minimálny [3]. Jedna zo zmien, ktorá

zabezpečí nárast prenosovej rýchlosti a zmenší oneskorenie pri prenose, je presunutie niektorých úloh MAC vrstvy z ovládača rádiovéj siete RNC (Radio Network Controller) priamo do uzla B.

Pri pohľade na protokolovú architektúru štandardu HSDPA (obr. 3), ktorá podporuje vysokorychlostný kanál, je zrejme umiestnenie vrstvy MAC-hs nad fyzickou vrstvou PHY a rámcového protokolu nového vysokorychlostného vyhradeného zdieľaného kanála HS-DSCH (High Speed Dedicated Shared Channel) nad vrstvou L2 v jednotlivých častiach siete.

Rozhranie U_u sa nachádza medzi UE a uzlom B a rozhranie I_{ub} medzi uzlom B a RNC. RNC komunikuje so susedným RNC cez rozhranie I_{ur} [6].



Obr. 3 Protokolová architektúra HSDPA

Fig. 3 Protocol layer HSDPA

Koncepciu HSDPA možno vnímať ako pokračovanie vývoja vyhradeného zdieľaného kanála DSCH (Dedicated Shared Channel). Nový zostupný kanál pre HSDPA je označovaný ako HS-DSCH. Tento kanál využíva iné adaptačné a kontrolné mechanizmy na dosiahnutie maximálnych rýchlostí a hodnoty kvality služby QoS zostupnej paketovej služby² ako kanál DSCH [10].

3. MODULÁCIA A KÓDOVANIE

Metódy zmeny prenosových parametrov na dosiahnutie maximálnej kvality prenosu v závislosti od prenosových podmienok (stav rádiového kanála) sú dostatočne známe. Jednou z týchto metód, použitých v systéme UMTS, je *rýchla adaptácia výkonu FPC* (Fast Power Control), ktorá vo svojej podstate umožňuje funkčnosť WCDMA systémov. Všeobecne tieto metódy predstavujú proces adaptácie spoja (link adaptation). Medzi tieto metódy radíme aj *adaptáciu modulácie a kódovania AMC* (Adaptive

² Koncepcia HSDPA je riešením asymetrickej paketovej služby v zostupnom smere (dátový tok od uzla B k UE), čo znamená, že podstatné zvýšenie rýchlosti je riešené len pre tento smer. Vzostupná komunikácia v HSDPA je obmedzená len na kontrolu a riadenie spojenia. Maximálna prenosová rýchlosť dát v tomto smere zostáva nezmenená (2 Mbit/s).

Modulation and Coding) [7]. V prípade HSDPA je to jeden z prostriedkov, ktorý nahrádza FPC.

Princíp AMC spočíva v nastavení vhodnej modulačnej a kódovacej schémy (Turbo kódovanie) podľa aktuálnych podmienok v prenosovom kanáli. Štandard HSDPA využíva spätnú informáciu o stave kanála od UE. Ide o explicitné meranie pomeru signál-interferencia SIR (Signal to Interference Ratio) alebo podobné meranie, ktoré je použité v uzle B pri rozhodovaní o tom, aká modulačná a kódovacia schéma bude najvýhodnejšia. V systéme používajúcom AMC potom UE, ktorá je blízko uzla B, dostane pridelenú moduláciu s veľkým počtom stavov a „rýchlu“ kódovacia schému, t.j. kódovanie s malým kódovým pomerom (napr. 64QAM s 3/4 Turbo kódom). UE, ktorá je blízko hranice bunky má na zabezpečenie dostatočnej kvality prenosu pridelenú moduláciu s malým počtom stavov a „pomalú“ kódovacia schému pre maximálne zabezpečenie dát proti chybám (napr. QPSK s 1/2 Turbo kódom).

Z uvedených princípov vyplývajú nasledovné hlavné výhody použitia AMC:

- Vyššie prenosové rýchlosti pre používateľov, ktorých komunikačný kanál má dobré podmienky na prenos.
- Redukcia kolísania interferencie vďaka použitiu AMC namiesto úpravy vysielačích výkonov jednotlivých uzlov B (FPC).

V UMTS je používaná modulácia QPSK, ktorá bola navrhnutá s ohľadom na realizáciu komunikácie vysielača s prijímačom v rôznych podmienkach (chodec, prímestské prostredie a pod.), ktoré sa môžu v praxi vyskytnúť. Je možné využiť aj iné modulačné metódy, pre ktoré sú však požadované lepšie podmienky (pomer SIR). Zvyčajne použitie viacstavovej modulácie výrazne zhoršuje kvalitu prenosu s poklesom pomeru SIR v prenosovom kanáli. Iné modulácie, umožňujúce dosiahnuť väčšiu prenosovú rýchlosť je teda možné použiť na základe spätnej informácie o stave kanála od UE [6]. V štandarde HSDPA sa predpokladá zavedenie modulácií 8PSK, 16QAM a 64QAM.

Čím je použité robustnejšie kódovanie, tým je väčšia pravdepodobnosť, že prijaté dáta bude UE schopné dekódovať bez chyby. Na druhej strane existuje obmedzenie dané šírkou pásma a teda prenesie sa menší počet užitočných bitov (ostatné sú redundantné), čím sa zníži dátová prenosová rýchlosť. V kanáli CCTrCH (Common Control Transport Channel) sa nachádza len jeden kanál HS-DSCH. Použité kanálové kódovanie má nasledovné vlastnosti:

- CRC má pevnú dĺžku stanovenú na 24 bitov.
- Maximálna dĺžka kódového bloku je 5114 bitov.

- Použité je turbo kódovanie (definované rovnako ako v Release 99).
- Pri kódovaní je možné pracovať s premenlivou redundanciou.

Použitie AMC v HSDPA musí byť schopné vhodnou kombináciou modulácie a kódovacej schémy zabezpečiť elimináciu premenlivosti tlmenia³ rádiového kanála, čo v kanále DSCH zabezpečoval FPC. Vzhľadom na stav kanála (a možnosti UE⁴) môže jeden používateľ prijímať súčasne až 15 signálov, čo predstavuje prenosovú rýchlosť 10,8 Mbit/s.

4. HYBRIDNÁ METÓDA ARQ

Úlohou automatickej žiadosti o opakovanie prenosu (ARQ) je zabezpečenie bezchybného prenosu dát opakovaním chybné preneseného paketu⁵. Predpokladá sa použitie hybridnej metódy ARQ (H-ARQ).

O hybridnej ARQ hovoríme vtedy, ak klasické metódy ARQ kombinujeme so samoopravnými kódmi, ktoré síce predstavujú vyššiu redundanciu pri prenose, ale na základe ich princípu umožňujú opraviť presne špecifikovaný počet chýb. Podľa spôsobu využitia samoopravného kódu, možno metódy H-ARQ rozdeliť na tri základné skupiny [4,5]:

- *Hybridné metódy I. typu (H-ARQ I)* – Ak je paket, zabezpečený kódom, prijatý nesprávne, pokúsi sa prijímač na základe použitého kódu chybu opraviť. Ak je počet chýb väčší ako opravná schopnosť kódu, vyšle sa správa pre opakovaný prenos chybného paketu. Chybný paket sa nemusí vyhodiť, ale môže sa skombinovať s novo-preneseným paketom.
- *Hybridné metódy II. typu (H-ARQ II)* – Rozdiel oproti predchádzajúcej metóde je v tom, že informácia obsiahnutá v chybnom pakete nemá pri opakovanom prenose rovnakú prenosovú rýchlosť, ale je použité robustnejšie kódovanie. Prípadne sa posieľa len dodatočná redundancia pre korektné dekódovanie chybné prijatého paketu.
- *Hybridné metódy III. typu (H-ARQ III)* – Samoopravný kód je v tomto prípade komplementárny dierovaný konvolučný kód. Použitím tohto kódu dosiahneme to, že opakovaný paket má inú redundanciu a je

³ Pod pojmom "tlmenie rádiového kanála" sa myslí krátkodobý únik (viaccestné šírenie signálu) a dlhodobý únik (tlmenie šírením a tlmenie tienením) signálu.

⁴ Pre HSDPA je definovaných viacero tried UE, pričom snaha je poskytnúť viacero cenových kategórií [10].

⁵ V skutočnosti sa jedná len o dátový blok bez hlavičky, ale v literatúre sa používa označenie paket.

možné tento paket samostatne dekódovať, čo v metóde H-ARQ II, kde sa posielala len dodatočná redundancia, nebolo možné.

Metódy H-ARQ radíme medzi implicitné metódy adaptácie spoja [7]. Implementácia metódy HSDPA do existujúceho systému UMTS nesmie spôsobiť zväčšenie ceny UE, zároveň zaťaženie kanála potvrdzovacími správami musí byť čo najmenšie. Požaduje sa taká kompromisná metóda H-ARQ, ktorá by bola schopná zabezpečiť čo najlepšie fungovanie HSDPA a nemala by veľké nároky na pamäť. Preto sa uvažuje o dvoch návrhoch, ktoré by mala koncepcia podporovať [6,10]:

- **Kombinovanie prenosov CC** (Chase Combining) – V prípade, že UE detekuje prijatý paket ako chybný, pošle do uzla B negatívnu potvrdzovaciu správu. Chybný paket je uložený v pamäti prijímača. Ak je opätovne poslaný paket vyhodnotený ako chybný, predchádzajúci a terajší sa kombinujú s cieľom odstrániť chybu. Vždy, keď je paket opakovane poslaný, je použitá rovnaká kódovacia schéma. Ak je paket vyhodnotený bezchybne, alebo sa dosiahol maximálny počet povolených opakovaní, je posunutý do vyššej protokolovej vrstvy.
- **Prírastok redundancie IR** (Incremental Redundancy) – Ide o podobnú metódu ako CC, ale k vyžiadanému opakovanému paketu sa pridáva redundancia, aby sa zvýšila pravdepodobnosť úspešného dekódovania paketu.

Podľa [4] sa pre metódu H-ARQ v HSDPA využíva *schéma Stop and Wait (SAW)*. Pri tejto schéme sa požaduje jeden bit v zostupnom smere na označenie, či sa jedná o nové alebo o opakované vysielanie. Taktiež potvrdenia vo vzostupnom smere vyžadujú len jeden bit na potvrdenie úspešnosti alebo neúspešnosti prijatia paketu. Vzhľadom na to, že je posielaný len jeden prenosový blok a potom sa čaká na odpoveď, minimalizujú sa nároky na pamäť prijímača. Použitím *N*-kanálovej metódy SAW sa efektívne využije interval, počas ktorého sa čaká na potvrdzovaciu správu.

5. INDIKÁCIA KVALITY KANÁLA

Od UE sa vyžaduje *indikácia kvality kanála CQI* (Channel Quality Indication) ako jedno z kritérií adaptácie spoja pre uzol B. Je niekoľko veličín, ktorých meranie a odosielanie môže slúžiť ako informácia o kvalite zostupného kanála. Interval odosielania CQI môže byť od 2 ms po nekonečno (úplné zakázanie odosielania).

Jednou z možností je využitie merania spoločného pilotného kanála CPICH (Common Pilot Channel). Na meranie slúžia signálové

indikátory RSCP/ISCP (Interference Signal Code Power / Received Signal Code Power), ktoré informujú o výkone signálu po zúžení spektra. Podiel RSCP/ISCP predstavuje pomer SIR. Zložitosť výpočtu pomeru SIR v UE je relatívne malá vzhľadom na to, že sledovanie indikátorov RSCP/ISCP kanála CPICH je potrebné len pre primárny uzol B (zo všetkých uzlov B obsiahnutých v aktívnom zozname) a sledovanie kanála CPICH je v každom prípade potrebné pre demoduláciu prideleného vyhradeného fyzického kanála DPCH (Dedicated Physical Channel).

Uzol B môže tiež odhadnúť kvalitu zostupného kanála z prenášaných povelov pre adaptáciu výkonu TPC (Transmit Power Control Commands) pre pridelený vyhradený fyzický kanál DPCH. Povel TPC môžu byť použité priamo alebo v spolupráci s oznámenou hodnotou na určenie kvality zostupného kanála. Použitie povelov TPC na odhad kvality kanála nemá vplyv na zložitosť UE vzhľadom na to, že prenos povelov TPC pre pridelený kanál DPCH je definovaný pre terminály už v Release 99 [7].

6. ŠTRUKTÚRA HSDPA KANÁLOV

Pre podporu HSDPA boli definované dva nové fyzické kanály (obr.4) [3]:

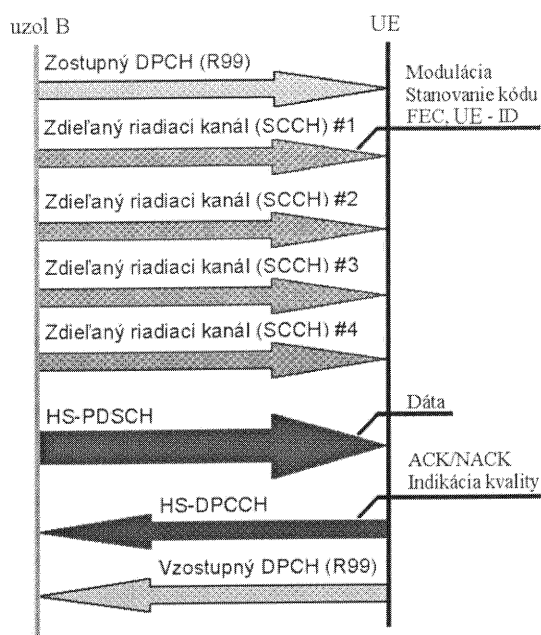
- *Vysokorychlostný fyzický zostupný zdieľaný kanál HS-PDSCH* (High Speed Physical Downlink Shared Channel).
- *Vysokorychlostný vyhradený fyzický riadiaci kanál HS-DPCCH* (High Speed Dedicated Physical Control Channel).

Taktiež boli vytvorené dva nové logické kanály [3,6]:

- *Vysokorychlostný zostupný zdieľaný kanál HS-DSCH* (High Speed Downlink Shared Channel).
- *Vysokorychlostný zdieľaný riadiaci kanál HS-SCCH* (High Speed Shared Control Channel).

Kanál HS-PDSCH

Nový zostupný fyzický kanál je časovo aj kódovo multiplexovaný. Kanálové kódy majú pevnú dĺžku, teda rozprestierajúci faktor je stále rovnaký (SF = 16). Povolené sú viackódové prenosy, takže dátový tok jedného UE je definovaný viacerými kanálovými kódmi v rovnakom bloku TTI v závislosti od možností UE. Rovnaká skramblovacia postupnosť je aplikovaná na všetky kanálové kódy, takže tieto tvoria jeden kanál HS-DSCH CCTrCH. Ak je požiadavka na komunikáciu uzla B s viacerými UE pomocou HSDPA, potom každý terminál má priradený iný kanálový kód v rovnakom bloku TTI (multiplexovanie viacerých UE v kódovej doméne) [3].



Obr. 4 Štruktúra kanálov HSDPA
Fig. 4 Structure of HSDPA channels

Kanál HS-DPCCH

Nový vyhradený fyzický vzostupný kanál je určený na prenos potvrdení o prijatí paketov v kanále HS-PDSCH a tiež na prenos informácie CQI. Odhady CQI sú vysielané UE maximálne každé 2 ms (až po úplne vypnutie CQI). Táto informácia je veľmi dôležitá na zabezpečenie spoľahlivosti spojenia (QoS) a má dosah na kapacitu siete [3].

Kanál HS-DSCH

Tento zostupný zdieľaný kanál poskytuje logický transportný mechanizmus na prenos dát HSDPA [6]. Bližšie bol popísaný v predchádzajúcich kapitolách.

Kanál HS-SCCH

Nový zostupný riadiaci kanál má definovanú pevnú prenosovú rýchlosť 60 kbit/s (SF = 128). Používa sa na prenos zostupnej signalizácie týkajúcej sa prenosu v kanále HS-DSCH. Poskytuje časové a kódové informácie, ktoré umožňujú UE prijímať dáta v kanále HS-DSCH v správnom čase a s použitím správnych kódov ich úspešne dekódovať [3].

7. ZÁVER

Koncepcia HSDPA dokazuje, že možnosti zvyšovania prenosových rýchlostí v systéme UMTS nie sú ani zďaleka vyčerpané. Veľkou výhodou je otvorenosť systému, ktorý je jednoducho

modifikovateľný a ponúka na základe špecifikácií 3GPP niekoľko cenových variantov už pri budovaní siete. Hlavnou otázkou zostáva cena nákladov implementácie nových koncepcií. Pri HSDPA sa väčšina nákladných modifikácií dotýka uzla B a pre UE je možnosť viacerých cenových tried, čo robí túto novú koncepciu široko dostupnú viacerým skupinám používateľov mobilných sietí. Vzhľadom na to, že HSDPA zatiaľ nebolo aplikované v reálnom systéme⁶, čas ukáže nakoľko bude takéto smerovanie UMTS systému úspešné. Zvýšenie prenosových rýchlostí v zostupnom smere sprístupní viaceré nové služby, ktoré vyžadujú veľký dátový tok v zostupnom smere (pozeranie videa, sťahovanie dát zo servera a pod.)

Koncepcia HSDPA predstavuje nárast prenosovej rýchlosti len v zostupnom smere. Využitie rovnakého princípu sa predpokladá aj vo vzostupnom smere – vysokorýchlostný vzostupný paketový prístup HSUPA (High Speed Uplink Packet Access). Uvedenie HSUPA umožní doplnenie nových služieb do systému, ako napríklad obojsmerná vysokokvalitná videokonferencia [13].

LITERATÚRA

- [1] <http://www.umtsworld.com/technology/hsdpa.htm>
- [2] http://www.3gpp.org/ftp/tsg_t/WG1_Test/TSGT1_22_India/tdocs/T1-040140.zip
- [3] http://3g4g.co.uk/Tutorial/ZG/zg_hsdpa.html
- [4] Némethová, O.: Hybridné ARQ metódy pre HSDPA, ATM ročenka 2003, 80-89088-25-2
- [5] 3GPP TR 25.835, v1.0.0, Report on Hybrid ARQ Type II/III, www.3gpp.org
- [6] McCarthy, D.: UMTS Evolution to High Speed Downlink Packet Access, EETS 8316, Term Paper, Fall 2003, Douglas
- [7] 3GPP TR 25.848, v4.0.0, Physical Layer aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access, www.3gpp.org
- [8] 3GPP TR 25.858, v5.0.0, Physical Layer Aspects (release 5), www.3gpp.org
- [9] 3GPP TR 23.107, v6.1.0, Quality of Service (QoS) concept and architecture (release 6), www.3gpp.org

⁶ V súčasnej dobe (Január 2005) prebieha testovanie siete UMTS s podporou HSDPA

- [10] High Speed Downlink Packet Access: WCDMA Evolution, VTS, www.nds2.ir.nokia.com/downloads/about_nokia/research/library/communication_systems/CS21.pdf
- [11] Castro, J. P.: The UMTS Network and Radio Access Technology, WILEY 2001.
- [12] <http://www.3gpp.org/About/about.htm>
- [13] <http://www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/hsdpa/hsupa.php>
- [14] Doboš, E.-Novikmec, J.: Mobile Access to the Internet. Radioengineering. December 2002 Volume 11, No.4, pp. 24-29. ISSN 1210-2512

Pod'akovanie:

Tento článok bol podporený štátnym programom No. 2003 SP 51/028 09 00/028 09 10 „Komunikačné siete a služby budúcich generácií“ a projektom VEGA No. 1/0140/03 „Metódy efektívneho manažmentu rádiových zdrojov v ďalších generáciách mobilných rádiokomunikačných sietí“.