

ADAPTAČNÉ METÓDY V MOBILNÝCH KOMUNIKAČNÝCH SIEŤACH ADAPTATION METHODS IN MOBILE COMMUNICATION NETWORKS

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 Adaptačné metódy predstavujú hlavný nástroj maximalizácie prenosovej rýchlosti v mobilnom kanáli a v súčasnosti je im venovaná veľká pozornosť v teoretickej rovine, ako aj v štandardizácii mobilných sietí. V článku je uvedený prehľad adaptačných metód systémových a technických parametrov mobilných bunkových sietí, ktoré sú používané v súčasnej (2,5. generácii – 2,5G) a nastupujúcej 3. generácii (3G) týchto sietí.

Summary Adaptation methods are the main tool for transmission rate maximization through the mobile channel and today the great attention is directed to them not only in theoretical domain but in standardization process, too. The review of adaptation methods for system and technical parameters of mobile cellular networks (2.5G and 3G) is carried out.

1. ÚVOD

Jednou zo základných požiadaviek kladených na tretiu generáciu mobilných komunikačných sietí je zabezpečenie maximálnej efektivity využitia rádiových zdrojov, ktoré má systém k dispozícii. V sieťach sa predpokladá veľký nárast počtu účastníkov, pričom rádiové zdroje ostávajú značne obmedzené, hlavne vďaka konečnej šírke frekvenčného spektra, ktorú je možné vyčleniť pre tieto systémy. Hlavnými metódami umožňujúcimi efektívne využívanie rádiových zdrojov sú metódy adaptácie technických a systémových parametrov mobilného komunikačného systému [4].

Adaptačný systém využíva aktuálnu informáciu o prenosovom prostredí (rádiovom kanáli) a jeho zmenách a kompenzuje ich s cieľom optimalizovať niektorý parameter systému (napr. pomer S/I, BER, FER, PER, prenosovú rýchlosť a pod.) pomocou prispôsobenia (adaptácie) parametrov zariadenia existujúcim podmienkam v kanáli spôsobom, ktorý je efektívny a optimálny súčasne. Pretože stav prostredia sa mení s časom, systém musí aktualizovať adaptačný proces periodicky, resp. nepretržite. Rýchlosť adaptácie je závislá od citlivosti systému na zmeny parametrov.

Uvedená definícia adaptačného systému sa však hlavne týka metód adaptácie, ktoré vyjadrujú adaptáciu zariadenia na meniace sa podmienky v rádiovom kanáli. Rozšírime túto definíciu aj na metódy, ktoré budú vyjadrovať adaptáciu celého systému (nielen mobilnej stanice) na meniacu sa záťaž (počet účastníkov).

Adaptácia – automatické udržiavanie požadovanej hodnoty kvality služby (QoS) v priebehu komunikácie :

- zmenou parametrov vysielaného signálu,
- zmenou parametrov systému,
- zmenou konfigurácie prijímača podľa zmien rádiového kanálu.

2. ROZDELENIE ADAPTAČNÝCH METÓD

Na základe uvedených úvah môžeme rozdeliť metódy adaptácie do niekoľkých skupín (obr.1).

Centrálna adaptácia je založená na centrálnom (globálnom) riadení adaptácie z jediného riadiaceho centra. Výhodou tohto riešenia je jednoznačné a rýchle určenie parametrov adaptácie a teda rýchla konvergencia parametra k požadovanej hodnote.

Centrálnu adaptáciu realizuje *centrálny ovládač* systému (ústredňa). Základnou nevýhodou, ktorá vlastne znemožňuje aplikáciu tejto metódy v praktických systémoch, je potreba centrálny zhromažďovať a prepočítavať veľké množstvo parametrov, čo je v prípade rozsiahlych systémov a rýchlych zmien parametrov adaptácie nereálne.

Distribovaná adaptácia vychádza z autonómneho (lokálneho) riadenia parametrov adaptácie v jednotlivých prvkoch systému.

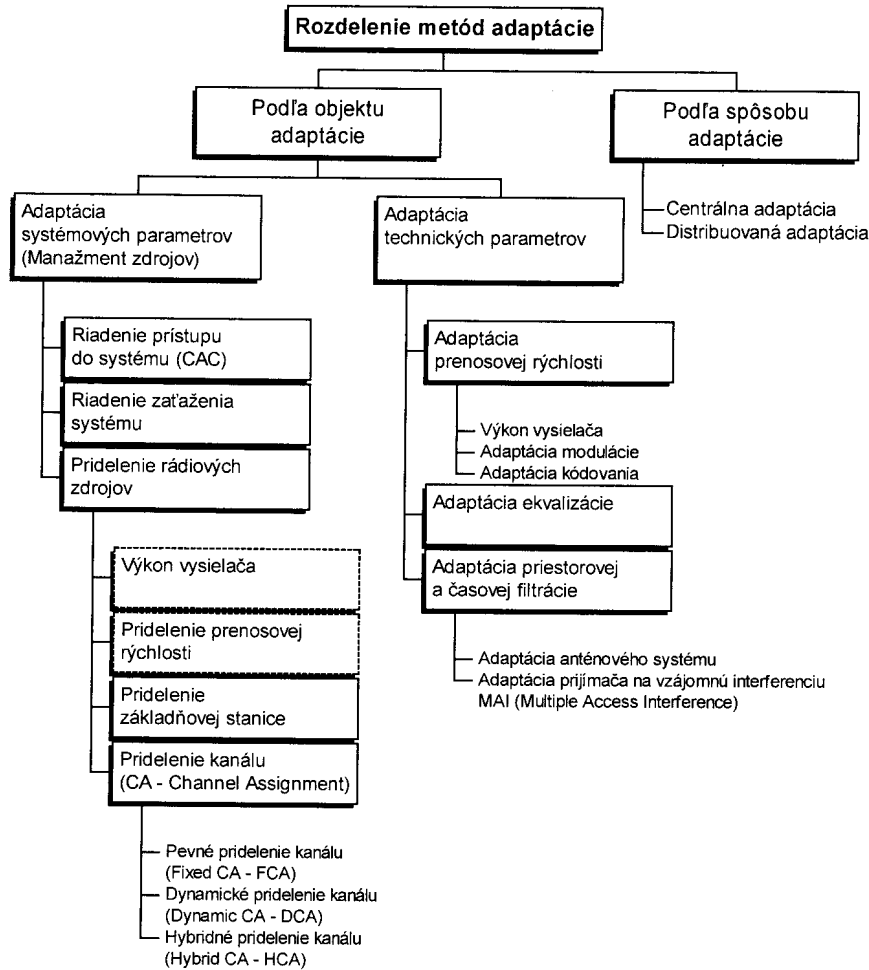
Distribovanú adaptáciu realizuje ovládač základňovej stanice samostatne, bez ohľadu na okolité bunky. Základná výhoda – zmenšenie výpočtovej náročnosti parametrov adaptácie je degradovaná podstatne dlhším časom potrebným na dosiahnutie požadovanej hodnoty kritéria adaptácie. Vzhľadom na jednoduchú implementáciu tejto metódy sa dnes používajú adaptačné algoritmy založené na distribovanej adaptácii.

Adaptácia systémových parametrov znamená aplikáciu *metód manažmentu zdrojov*, pričom sa jedná o tieto zdroje: základňové stanice, komunikačné kanály, výkon vysielateľa, prenosová rýchlosť.

Cieľom manažmentu zdrojov je prideliť základňovú stanicu (stanice), kanál, vysielací výkon a požadovanú (dostupnú) prenosovú rýchlosť čo možno najväčšiemu počtu komunikačných spojov v danom časovom okamihu za podmienky, že kvalita služby vo všetkých spojoch je nad určitou prahovou úrovňou.

Pozn.: Z rozdelenia metód je zrejmé, že adaptácia výkonu a prenosovej rýchlosti sa nachádza medzi systémovými,

aj technickými adaptačnými metódami.



Obr. 1. Rozdelenie metód adaptácie
Fig. 1. Adaptation methods classification

Z dôvodu dynamiky celého komunikačného systému (obsadzovanie a uvoľňovanie zdrojov) sa v oblasti manažmentu zdrojov používajú metódy, ktoré riadia prístup mobilných staníc do systému. Tieto metódy sa označujú ako *metódy riadenia prístupu do systému (bunky)* – CAC (Call Admission Control). Podstatou týchto metód je udržanie hodnoty vzájomnej interferencie medzi účastníkmi na minimálnej úrovni, čo sa prejaví maximalizáciou kapacity v danom okamihu (počet aktívnych účastníkov) [1, 2, 3]. V prípade, že by vstupujúca mobilná stanica spôsobila zväčšenie hodnoty vzájomnej interferencie nad prípustnú hranicu, systém jej prístup do danej oblasti (bunky) neumožní. Rovnako systém neumožní vstup účastníka, ak sú v danom okamihu vyčerpané všetky zdroje a nie je možné prerozdelením týchto zdrojov získať dodatočnú kapacitu. Tieto metódy môžu byť centralizované – t. j. o vstupe účastníka do danej oblasti rozhoduje centrálny systémový ovládač alebo distribuované – vstup účastníka do bunky riadi základňová stanica.

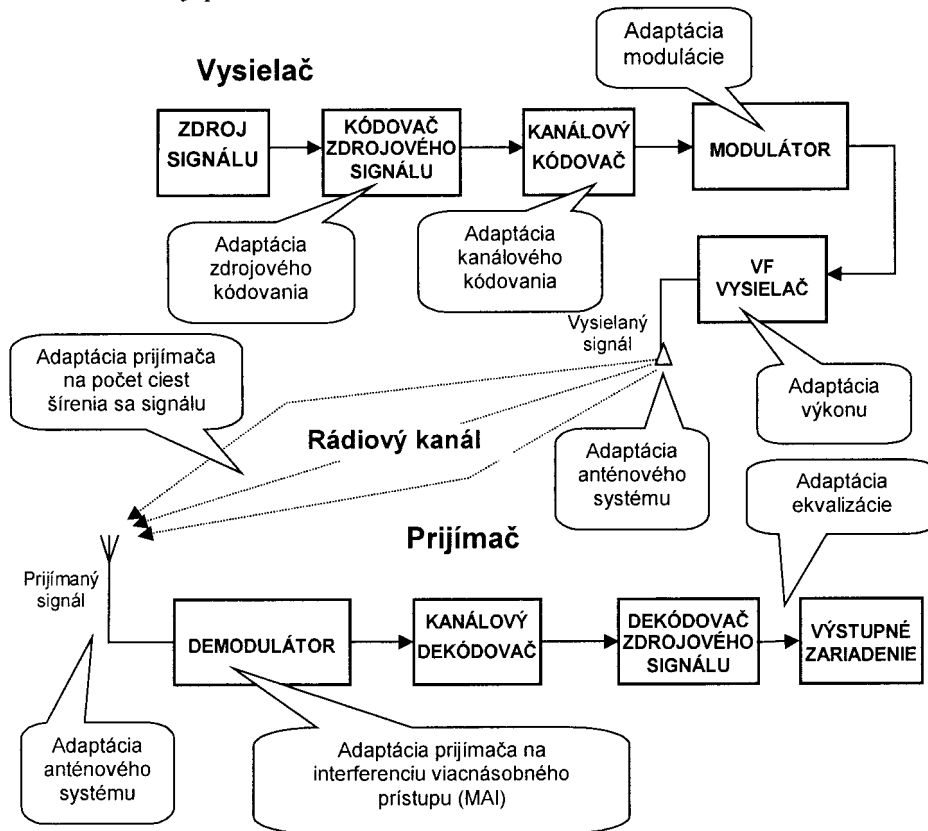
Metódy CAC používajú ako prvý krok metódy adaptácie výkonu vysielateľov a až v prípade, že táto adaptácia je neúčinná na dosiahnutie hodnoty adaptačného kritéria, je vstup účastníkovi do bunky zakázaný [11], alebo je použitá metóda *rozdelenia zaťaženia* (sharing load). Pri tejto metóde je prevádzkové zaťaženie danej bunky rozdelené medzi okolité bunky, ktoré nepracujú s maximálnym zaťažením.

Zatiaľ čo metódy adaptácie systémových parametrov slúžia na udržanie minimálnej hodnoty adaptačného kritéria pomocou zmien konfigurácie systému obsluhy účastníkov, metódy *adaptácie technických parametrov* súvisia s adaptáciou parametrov vysielateľa, resp. prijímača mobilnej alebo základňovej stanice. Na klasifikáciu týchto metód môžeme použiť Shannonov model všeobecného komunikačného systému (obr.2).

3. METÓDY ADAPTÁCIE TECHNICKÝCH PARAMETROV

Zdroj signálu je vstupným blokom komunikačného reťazca a v mobilných rádiokomunikačných sieťach to môže byť napr. rečový alebo dátový zdroj. Za zdrojom signálu je *kódovač_zdrojového signálu*, ktorý v prípade analógového vstupného signálu (reči) realizuje jeho digitalizáciu v prevodníku analóg/digital – A/D a ďalej potláča redundanciu

(nadbytočnosť), ktorá sa v informačnom signáli nachádza, a ktorú nie je potrebné kanálom prenášať. Vzhľadom na stochastický charakter rečového signálu je možné adaptačné riadenie tohto kódovača tak, aby výstupný bitový tok bol minimálny ale aby nedochádzalo ku strate dôležitých častí prenášanej informácie.



Obr.2. Model všeobecného komunikačného systému
Fig.2. General communication system model

Kanálový kódovač, ktorý nasleduje za kódovačom zdrojového signálu, však naopak do digitálneho signálu zámerne určitú redundanciu vnáša. Táto redundancia (predstavovaná niektorým korekčným kódom) umožňuje na prijímacej strane odstrániť alebo minimalizovať chyby vnesené do signálu pri prenose kanálom.

Pretože prenosové vlastnosti rádiového kanálu sa neustále menia je možné adaptačne meniť veľkosť kódového pomeru tak, aby bola použitá len nevyhnutná redundancia potrebná na dosiahnutie požadovanej hodnoty chybovosti na strane prijímača.

Z kódovača kanála postupuje digitálny signál do *modulátora*, kde sa uskutočňuje jeho transformácia do vyšších frekvenčných pásiem ovplyvňovaním (modulovaním) niektorého z parametrov nosného signálu. Použitie viacstavových digitálnych modulácií súvisí s maximalizáciou prenosovej

rýchlosti v rádiovom kanále [8]. Modulácie s väčším počtom stavov však na dosiahnutie požadovanej chybovosti potrebujú zabezpečiť väčšiu hodnotu pomeru signál / interferencia (S/I), napr. väčším výkonom vysielača, resp. zmenšením vzdialenosti vysielač – prijímač. Ako jedno z riešení tohto problému sa javí adaptívna zmena typu modulácie podľa okamžitej hodnoty pomeru S/I [4, 10].

Signál je ďalej zosilnený vo *VF zosilňovači*, v ktorom sa realizuje jedna z najúčinnějších metód minimalizácie vzájomnej interferencie v mobilnom komunikačnom systéme – adaptačia (regulácia) výkonu [6, 11, 12, 13, 14, 15].

Po zosilnení je signál vysielať cez *rádiový kanál* do prijímača. Pri prechode kanálom je tlmený, pridáva sa k nemu šum, je ovplyvňovaný viaccestným šírením, vzájomnou interferenciou, príp. úmyselným rušením [11,12]. Viaccestné

šírenie má za následok, v prípade „klasických“ (úzkopásmových) prijímačov, vznik krátkodobého úniku signálu, ktorý vo väčšine prípadov znamená stratu prenášanej informácie, resp. rozpad spojenia.

V „klasických“ systémoch s prístupom FDMA/TDMA sa na odstránenie nepriaznivého vplyvu prenosového kanálu hlavne pri väčších prenosových rýchlostiach používajú metódy *ekvalizácie kanálu*. Ekvalizácia kompenzuje *medzysymbolovú interferenciu ISI* (Intersymbol Interference) spôsobenú viaccestným šírením signálov v časovo disperzných kanáloch. Pretože vo väčšine prípadov mobilných rádiokomunikačných sietí je prenosový kanál časovo premenlivý, je potrebné adaptovať ekvalizátor na tieto zmeny.

V prípade systémov pracujúcich s rozprestretím frekvenčného spektra (CDMA) sa s výhodou používa *cestná diverzita*, realizovaná tzv. *prijímačom Rake*, ktorý je schopný korelačne spracovať jednotlivé kópie signálu a dosiahnuť tak zisk pri prijímaní. Vzhľadom na neustále sa meniaci počet ciest šírenia signálu (pohyb mobilnej stanice a reflektorov v jej okolí) je výhodné adaptovať prijímač Rake na tieto zmeny.

Hlavným obmedzujúcim činiteľom maximalizácie kapacity v mobilných bunkových systémoch je vzájomná interferencia [7]. Pretože interferenčné signály sa menia v čase, priestore a výkone, je potrebné adaptovať prijímač na tieto zmeny.

Boli vyvinuté metódy na potlačenie vzájomnej interferencie v časovej a priestorovej oblasti. **Metódy časovej filtrácie**, pomocou ktorých sa od kompozitného signálu na strane prijímača „odčítajú“ interferenčné signály buď postupne alebo súčasne, patria do časovej oblasti. Hovoríme o *adaptácii prijímača na interferenciu viacnásobného prístupu MAI* (Multiple Access Interference). Vzhľadom na to, že interferencia zo zhodného kanálu je dominantná v systémoch CDMA, používajú sa tieto metódy práve v týchto systémoch.

Druhá skupina metód patrí medzi **metódy priestorovej filtrácie**, pomocou ktorých je adaptovaný anténový systém vysielača tak, aby vyžaroval signál len v smere lokalizácie žiaduceho prijímača a signály vyžarované ostatnými smermi (interferenčné signály) potlačil. Rovnaká situácia je na strane prijímača, kde môžeme adaptovať anténový systém tak, aby prijímal signál len zo smeru žiaduceho vysielača a interferenčné signály z ostatných smerov potlačil [5, 9, 10].

Pre samotný proces adaptácie je nevyhnutné nastaviť určité **kritériá adaptácie**, podľa ktorých bude adaptácia prebiehať :

- určiť merateľné kritérium QoS pre daný typ služby (BER, PER, FER, S/I),

- určiť prahovú hodnotu tohto kritéria, pod ktorou je QoS hodnotená ako nevyhovujúca,
- zabezpečiť periodické (nepretržité) meranie hodnoty kritéria v priebehu komunikácie,
- ak hodnota klesne pod prahovú hodnotu počas stanoveného času, zmeniť jeden alebo viacero parametrov tak, aby sa hodnota dostala nad požadovanú prahovú hodnotu.

Tieto kritériá predstavujú základ adaptačného algoritmu, no je možné (a nutné) ich doplniť, resp. modifikovať podľa typu adaptačného procesu.

4. ZÁVER

V príspevku je podaný prehľad a klasifikácia moderných systémových a technických adaptačných metód, ktoré sa používajú v 2,5 a 3. generácii mobilných komunikačných sietí.

V súčasnej dobe pracovníci Katedry telekomunikácií pracujú na algoritmoch a metódach hybridnej adaptácie (adaptácia výkonu + adaptácia modulácie a kódovania + adaptívny manažment pridelovania rádiových zdrojov) v rámci grantovej úlohy č. 1/0140/03 (Metódy efektívneho manažmentu rádiových zdrojov v ďalších generáciách mobilných rádiokomunikačných sietí).

LITERATÚRA

- [1] HUSÁR, A. – WIESER, V.: *Call Admission Control Schemes for Cellular Networks*. In: Zborník konferencie Radioelektronika 2003, Brno, 2003 (v tlači)
- [2] HUSÁR, A. – WIESER, V.: *Adaptive Radio Resource Management for Voice and Data Transmission in Cellular Systems*. Prihlásené na konferenciu TRANSCOM 2003.
- [3] HUSÁR, A. – WIESER, V.: *Manažment rádiových zdrojov v CDMA bunkových sieťach*. In.: Zborník 9. medzinárodnej vedeckej konferencie COFAX - Telekomunikácie 2003, Bratislava 2003
- [4] ŽIAČIK, P. – WIESER, V.: *Metódy adaptácie prenosovej rýchlosti v rádiokomunikačnom kanáli*. In.: Zborník 9. medzinárodnej vedeckej konferencie COFAX - Telekomunikácie 2003, Bratislava 2003
- [5] HRUDKAY, K. - WIESER, V.: *Power Control Imperfection in CDMA Systems with Adaptive Antennas*. In : Radioengineering 2002, december, Vol.11, No.4, s. 39-43

- [6] WIESER, V.- CHMÚRNY, J.: Využitie teórie matíc na reguláciu výkonu vysielačov mobilných komunikačných systémov. In.: Zborník vojenskej akadémie č.2/1999, Liptovský Mikuláš, s.5-14.
- [7] WIESER, V. – HRUDKAY, K.: Mutual Interference Models for CDMA Mobile Communication Networks. In : Radioengineering 2002, december, Vol.11, No.4, s. 34-39
- [8] WIESER, V. - HRUDKAY, K.: Problémy zabezpečenia prenosových rýchlostí v mobilných rádiokomunikačných sieťach 3G. In: Zborník vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou „Nové smery v spracovaní signálov VI.“. Tatranské zruby, 24. – 26.4.2002, s. 144-147.
- [9] HRUDKAY, K. - WIESER, V.: Modelovanie prenosového kanála pre systémy s anténovými sústavami. In: Zborník vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou „Nové smery v spracovaní signálov VI.“. Tatranské zruby, 24. – 26.4.2002, s. 140-143.
- [10] WIESER, V. – HRUDKAY, K.: Signal Processing Adaptation in 2,5G and 3G Mobile Communication Systems. In: Zborník z medzinárodnej konferencie „ Research in Telecommunication Technology – RTT 2002“. Žilina, 17.-19.9.2002, s. 103-107.
- [11] WIESER, V. - HOLLÝ, V.: Účinnosť algoritmov adaptívnej regulácie výkonu systému DS-CDMA pri úmyselnom rušení. In.: Zborník vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou „Nové smery v spracovaní signálov V.“, Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši, 24.-26.5.2000, Liptovský Mikuláš, 409.-415.
- [12] WIESER, V.: Intentional Jamming of Mobile System DS/CDMA with Adaptive Power Control. In.: Zborník 3. medzinárodnej vedeckej konferencie „Elektro'99“, 25.-26.5.1999, Žilinská univerzita, Žilina, s.73-79.
- [13] CHMÚRNY, J. - WIESER, V.: Capacity Gain in Cellular DS-CDMA Systems by Forward Link Power Control. Biuletyn Wjenskej akademii technickej (WAT), Elektronika č.11/1997, Waršava, Poľská republika, s.107-114.
- [14] WIESER, V. - CHMÚRNY, J.: Bunkový systém DS/CDMA s prahovou reguláciou výkonu základňových staníc. Zborník prednášok 4.medzinárodnej konferencie "Telekomunikačné a informačné systémy-T.I.S.96", 3.9.-6.9.1996 Žilina, 6s.
- [15] WIESER, V. - CHMÚRNY, J.: Niektoré problémy regulácie výkonu v bunkových rádiotelefonných systémoch DS/CDMA. Zborník prednášok konferencie "Telekomunikačné a informačné systémy - T.I.S. 94", Žilina 22.-25.11.1994, s.269-275.