

Vec: Posudok dizertačnej práce.

Autor práce: Ing. Demian Lekomtcev

Názov práce: Snímaní spektra pre kognitívni rádiové sítě -vliv vlastností reálného komunikačního řetězce

Školiace pracovisko: Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně

Školitel: doc.Ing.Roman Maršalek,Ph.D.

1. AKTUÁLNOST ZVOLENEJ TÉMY DIZERTAČNEJ PRÁCE

Dizertačná práca Ing. Demiana Lekomtceva sa zaoberá snímaním spektra pre kognitívne rádiové siete so zameraním sa na rôzne faktory, ktoré môžu negatívne vplyvať na činnosť metód snímania rádiových spektra. Kognitívne siete sú navrhované pre riešenie neefektívne využívaného spektra v bezdrôtových komunikačných systémoch. Dizertačná práca je zameraná do oblastí kognitívnych sietí založených na dynamickom sledovaní spektra. Výskum orientovaný na návrh 5G bezdrôtových sietí obsahuje aj kognitívne rádiové siete. Námet práce predloženej dizertačnej práce považujem z hľadiska súčasného stavu vedy v oblasti moderných bezdrôtových komunikácií za mimoriadne aktuálny.

2. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY DIZERTAČNEJ PRÁCE A POVODNÉ PRÍNOSY

Dosiahnuté vedecké výsledky dizertačnej práce sa nachádzajú priebežne v jednotlivých kapitolách a sú formálne zhrnuté na konci každej kapitoly. Najdôležitejšie výsledky vedeckého bádania, ktoré hodnotím ako pôvodné, je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

1. V 1.kapitole bol vykonaný dôkladný prehľad súčasného stavu v oblasti metód snímania spektra so zameraním sa na očakávanú presnosť výsledkov snímania a zložitosť implementácie. Na základe vykonanej analýzy sa v dizertačnej práci doktorand zameril na teoretický výskum energetického detektora, na Kolmogorov-Smirnov štatistický test a na metódu kooperatívneho sledovania spektra. Za pôvodný prínos možno považovať teoretickú analýzu vybraných detektorov a overenie ich vlastností v implementácii v programe MATLAB na vybraných signáloch podľa vytýpaných

štandardov. Prínosom je predovšetkým optimalizácia využitia Kolmogorovho – Smirnovovho štatistického testu, ktorý možno používať na detekciu signálov primárnych používateľov.

2. Z pohľadu zamerania predloženej dizertačnej práce bolo nevyhnutné vykonať analýzu aktuálneho stavu šandardizácie CRN (Cognitive Radio Networks). Doktorand rozdelil opísané štandardy v súlade s ich cieľmi a účelom do dvoch hlavných kategórií: TVWS štandardy a štandardy definujúce koexistenciu. Štandardy TVWS ako sú napríklad IEEE 802.22, IEEE 802.11af a ECMA-392 špecifikujú PHY a MAC vrstvy a sieťovú architektúru umožňujúcu zvýšiť efektivitu využitia kanálov v uvoľnených TV pásmach (TVWS). Výsledky tejto kapitoly predstavujú hodnotný študijný materiál pre začínajúcich výskumníkov v oblasti zlepšenia efektívnosti využitia rádiového spektra.
3. V 3.kapitole sú podrobne opísané vlastné publikované výsledky v oblasti snímania spektra predovšetkým v oblasti vplyvu rádiových front-endov a reálnych komunikačných kanálov na ich činnosť. Na rozdiel od štúdií založených na počítačových simuláciách je predložená dizertačná práca založená na integrácii metód snímania spektra do hardvéru v podobe tzv. softvérového definovaného rádia (Software Defined Radio - SDR) [61]. Doktorand navrhol experimentálnu testovaciu SDR platformu na preskúmanie vplyvu rôznych metód snímania spektra a kanálov. Na báze Matlabu bol vytvorený simulačný ITU model. Za pôvodné prínosy tejto kapitoly považujem:
 - Analýzu výsledkov porovnania metód snímania spektra získaných pomocou experimentálnej SDR testovacej platformy a pomocou simulácie ITU modelu kanálu
 - Výsledky analýzy Kolmogorovho-Smirnovovho štatistického testu ako metódy snímania spektra preukázali jej závislosť od počtu vzoriek NCDF použitých pri aproximácii kumulatívnej distribučnej funkcie (CDF) a ako optimálna minimálna hodnota bola stanovená NCDF = 50.
 - Experimentálne bolo preukázané, že kooperatívny spôsob snímania spektra dosahuje väčšiu výkonnosť správnej detekcie ako individuálne metódy, ale vyžaduje organizáciu spolupráce medzi sekundárnymi používateľmi.
4. V 4.kapitole bol navrhnutý zjednodušený model komunikačného reťazca obsahujúci komponenty, ktoré negatívne ovplyvňujú prenášaný signál a zahŕňa parazitné javy, ktoré negatívne ovplyvňujú snímanie spektra. Všetky tieto javy boli uvedené do kontextu vybraných bežne používaných front-endov pomocou simulácie a laboratórnych experimentov na báze reálnej SDR (Software Defined Radio) platformy. Výsledky simulácie a merania pomocou SDR platformy možno považovať za cenný príspevok k rozvoju poznatkov v oblasti návrhu metód snímania spektra a k lepšej detekcii signálov primárnych používateľov. Z dosiahnutých výsledkov v 4.kapitole by som chcel vyzdvihnúť najmä nasledujúce:
 - Výsledky založené na základe SDR platformy ukázali, že nízke hodnoty šumového čísla

prispievajú lepšej detekcii signálu primárnych používateľov,

- Na základe experimentálnych výsledkov možno tvrdiť, že metódy snímania spektra sú ovplyvnené nielen vlastnosťami rádiových kanálov, ale aj parazitnými vlastnosťami vysílača a prijímača.
- Výsledky simulácie v Matlabe ukázali, že amplitúdová a fázová nesymetria kvadratúrneho modulátora a demodulátora a fázový šum lokálneho oscilátora moderných precíznych front-endov majú také hodnoty, ktoré príliš neovplyvňujú snímanie spektra metódou ED a KS testov.

Môžem potvrdiť, že hlavný cieľ posudzovanej dizertačnej práce uvedený na str.1 ako aj dielčie ciele uvedené na str. 2 boli splnené v plnej miere. Dizertačná práca obsahuje originálne výsledky a prispieva k rozšíreniu vedeckých poznatkov v oblasti výskumu efektívnych metód snímania spektra v rádiových kognitívnych sieťach.

Výsledky svojho výskumu doktorand priebežne publikoval v 13 vedeckých publikáciách, z ktorých 7 publikácií uviedol doktorand v dizertačnej práci v časti Literatúra-Vlastní publikace. Publikačnú činnosť doktoranda hodnotím ako priemernú a konštatujem, že jadro dizertačnej práce bolo publikované na primeranej úrovni. Výsledky práce publikoval doktorand samostatne alebo v spoluautorstve so svojím vedúcim práce predvážne na významných vedeckých konferenciách (Rádioelektronika, IWSSIP, TELFOR, SoftCom, COCOR 2012). Dosiahnuté výsledky by si zaslúžili, aby boli publikované v niektorom z impaktovaných časopisov.

3. PRIPOMIENKY A POZNÁMKY K DIZERTAČNEJ PRÁCI

Z odborného hľadiska nemám k práci žiadne námietky, je spracovaná na veľmi dobrej úrovni. Kladne hodnotím kapitoly analyzujúce súčasný stav aj nadväznosť pôvodných návrhov doktoranda na závery hodnotenia súčasného stavu. Obsah dizertačnej práce korešponduje s aktuálnymi požiadavkami teoretického výskumu v oblasti kognitívnych rádiových sietí ako aj požiadaviek praxe. Kladne hodnotím, že dosiahnuté teoretické výsledky sú podložené a overené praktickými meraniami.

4. OTÁZKY K RIEŠENEJ PROBLEMATIKE

1. Ktoré zo skúmaných metód overených pomocou simulácií v programe Matlab a meraním na experimentálnej platforme SDR by mohli tým, že by boli zaradené do niektorých zo

štandardov TVWS alebo a štandardov definujúcich koexistenciu znížiť vplyv negatívnych faktorov na efektívnosť metód merania spektra v kognitívnych rádiových sieťach?

2. Mohli by ste podrobnejšie vysvetliť Vaše očakávania vplyvu vlastností reálneho viackanálového komunikačného reťazca na viacpásmové snímanie spektra?
3. Uvedte, príklad niektorých nových služieb, ktoré by sa mohli objaviť so zavedením bezdrôtových rádiových sietí 5G. Dá sa očakávať, že tieto služby budú využívať metódy snímania spektra?

5. SPLNENIE SLEDOVANÝCH CIEĽOV DIZERTAČNEJ PRÁCE

Na základe dosiahnutých výsledkov uvedených v tejto dizertačnej práci, považujem stanovené ciele za splnené. Dosiahnuté výsledky majú svoju vedeckú hodnotu, sú dizertabilné a aplikovateľné v praxi. Ing. Demian Lekomtcev preukázal počas štúdia, že je schopný samostatne vedecky a tvorivo pracovať. Na základe dosiahnutých výsledkov jeho vedeckej činnosti môžem potvrdiť, že sa jedná o perspektívneho pracovníka s vedeckou erudíciou.

6. CELKOVÉ ZHODNOTENIE DIZERTAČNEJ PRÁCE A ZÁVER

Záverom konštatujem, že doktorand Ing. Demian Lekomtcev riešil aktuálnu a zložitú problematiku snímania spektra a skúmania vybraných činiteľov ovplyvňujúcich snímanie spektra v kognitívnych rádiových sieťach. Jeho dizertačná práca prináša nové poznatky v danej oblasti a spĺňa všeobecne uznávané požiadavky pre udelenie akademického titulu Ph.D. Odporúčam preto jeho dizertačnú prácu prijať k obhajobe a po jej úspešnom obhájení pred príslušnou komisiou navrhujem udelenie akademicko-vedeckého titulu doktora v oboru

Elektronika a sdělovací technika

V Košiciach 18.07.2016

