

Oponentský posudok dizertačnej práce

Autor dizertačnej práce: Ing. Karel Dudáček

Názov dizertačnej práce: **Signal delay measurement using non-uniform sampling /
Měření zpoždění signálu s použitím neekvidistatního vzorkování**

Univerzita: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd

Dizertačná práca je napísaná vo forme monografie, doplnenej v prílohe o úplný text príspevku zaslaného na medzinárodnú konferenciu v čase písania práce. Práca má celkový rozsah 96 strán a je napísaná v anglickom jazyku.

K dizertačnej práci som v zmysle požadovaných hľadísk zaujala nasledovné stanovisko.

Aktuálnosť zvolenej témy a význam pre odbor

Dizertačná práca sa zaoberá rozvojom digitálnych metód merania oneskorenia medzi rýchlymi analógovými signálmi. Zámer práce odzrkadľuje potreby reálnych aplikácií, kde je meranie oneskorenia využívané. Tieto aplikácie určujú charakter samotných signálov, ako aj dostupné výpočtové prostriedky či finančné obmedzenia pre implementáciu. Rozvoj a implementácia metód presného merania oneskorenia medzi signálmi s použitím cenovo nenákladného hardvéru predstavuje prínos pre príslušný odbor a má praktické využitie v priemyselnej praxi.

Splnenie stanovených cieľov a úloh

V dizertačnej práci sú stanovené tri ciele: 1) naštudovanie a porovnanie metód merania časového oneskorenia, 2) návrh nových metód/postupov pre zníženie vzorkovacej frekvencie a množstva navzorkovaných dát potrebných pre meranie oneskorenia, 3) overenie vlastností navrhnutých metód. K formulácii prvého cieľa by som chcela poznamenať, že „naštudovanie“ by nemalo byť cieľom práce, ide len o spôsob ako nejaký cieľ dosiahnuť. Tieto tri hlavné ciele boli následne premietnuté do šiestich konkrétnych úloh. Po prečítaní práce konštatujem, že všetky naplánované úlohy boli realizované a stanovené ciele boli naplnené.

Zvolené metódy spracovania

Metódy použité pri riešení výskumu v rámci práce a jej spracovaní spĺňajú charakter vedeckej práce. Uchádzač pri práci využil metódy vedeckého bádania postaveného na podrobnej analýze súčasného stavu v danej oblasti výskumu, na základe ktorej vznikla motivácia pre jeho vlastný výskum. V tomto duchu by však bolo vhodnejšie jednotlivé úlohy práce stanoviť až po vykonaní tejto analýzy (mali by byť v práci za analýzou).

Motivácia pre dizertačnú prácu pramení hlavne v potrebe redukcie vzorkovacej frekvencie v digitálnych metódach merania oneskorenia medzi signálmi, čo vedie k menšiemu počtu vzoriek pri zachovaní určitej presnosti metódy. To sa následne prejaví na možnosti použiť jednoduchší hardvér pri realizácii merania, čím sa zredukujú aj potrebné náklady.

Autor práce porovnal existujúce metódy merania oneskorenia prostredníctvom experimentálneho overenia presnosti týchto metód a vyhodnotenia vhodnosti ich použitia pre meranie oneskorenia medzi rýchlymi analógovými signálmi. Jadro práce tvorí návrh digitálnej metódy založenej na vyhodnotení fázového posunu medzi signálmi, ktorá využíva

nerovnomerné vzorkovanie a následné spracovanie frekvenčných spektier z Fourierovej transformácie pomocou novej navrhutej metódy.

Dosiahnuté originálne výsledky a nové poznatky

Za pôvodné výsledky a poznatky dosiahnuté v rámci dizertačnej práce považujem:

1. Modifikáciu metódy merania oneskorenia medzi analógovými signálmi na báze merania fázového posunu, ktorá využíva nerovnomerné vzorkovanie a odvodenú Fourierovu transformáciu. Prínosom v rámci tohto výsledku je hlavne:
 - zníženie vzorkovacej frekvencie,
 - zníženie počtu vzoriek, redukcia množstva spracovaných dát,
 - možnosť použitia jednoduchšieho hardvéru (prevodník, pamäť).
2. Návrh novej metódy (tzv. Trellis) ďalšieho spracovania nameraných dát, ktorá potláča vplyv *fuzzy aliasingu* spôsobujúceho nežiadúce artefakty vo výsledných spektrách. Táto metóda sa namiesto odstraňovania nežiadúcich spektrálnych čiar zameriava na identifikáciu užitočných vrcholov v nameranom spektre pomocou ich premietnutia do bodov.
3. Experimentálne preukázanie, že použitie navrhnutých digitálnych metód pri môže viesť k významnému zjednodušeniu merania oneskorenia a zníženiu finančných nákladov na jeho realizáciu.

Publikovanie výsledkov práce

V zozname literatúry k dizertačnej práci autor uvádza celkovo 26 titulov vrátane svojich vlastných publikácií, čo je na dizertačnú prácu podpriemerný počet zdrojov. Navyiac z tohto počtu sú iba štyri práce mladšie ako 5 rokov.

Autor celkovo uvádza 8 svojich publikácií, z toho iba štyri sú evidované v databázach Scopus alebo Web of Science. Medzi týmito je aj jeden článok v časopise, ktorý však nemá dohľadateľný impact factor, nakoľko ide o začínajúci žurnál. Aj keď by sa očakávala kvalitnejšia publikačná činnosť, doktorand preukázal schopnosť dostatočne prezentovať pôvodné výsledky svojej práce príslušnej vedeckej komunite.

Pripomienky, poznámky a otázky

K formálnej stránke práce mám tieto pripomienky:

- Citovanie literatúry a použitých referenčných zdrojov nie je v texte práce vždy dodržané. Niektoré referencie nie sú vôbec v texte citované.
- Názov podkapitoly *Consequences of the Method Comparison* nepovažujem za vhodné zvolený.
- V práci chýba zoznam použitých skratiek a symbolov. Niektoré skratky použité v texte práce sú vysvetlené neskôr ako pri prvom použití a v texte tak dochádza k zámene jednotlivých pojmov (napr. NDFT, DFT, FFT, FT).
- Autor v celej práci používa formuláciu viet v prvej osobe jednotného čísla (napr. „I had to develop“, „my method“, atď), čo v dizertačnej práci nepovažujem za vhodné.
- Obr. 7.3. (str. 60) – autor v poslednej vete popisu v hlavičke obrázku uvádza ...“the final dot product is not shown since it is zero“, čo neodpovedá skutočnosti zobrazenej na predmetnom obrázku.

K dizertačnej práci mám nasledovné pripomienky a otázky:

1. Mohli by ste explicitne uviesť svoj autorský podiel (v percentách) vo vedeckých publikáciách tvoriacich jadro práce?
2. Mohli by ste špecifikovať konkrétny vlastný prínos v rámci metódy merania fázového posunu medzi signálmi použitím nerovnomerného vzorkovania (samotné vzorkovanie aj metóda merania fázového posunu sú už známe)?
3. Aká je citlivosť navrhutej metódy a presnosť merania v porovnaní s inými metódami použiteľnými na tento účel? Mohli by ste uviesť v prezentácii všeobecné porovnanie navrhutej metódy merania oneskorenia s existujúcimi metódami z hľadiska najdôležitejších vlastností (výhod/nevýhod).

Zhrnutie a odporúčanie

Na záver konštatujem, že predložená dizertačná práca pána Ing. Karla Dudáčka preukazuje samostatnú tvorivú vedeckú prácu, obsahuje pôvodné publikované výsledky, spĺňa podmienky kladené na dizertačnú prácu a taktiež zodpovedá všeobecne uznávaným požiadavkám k udeleniu titulu Ph.D.

Dizertačnú prácu Ing. Karla Dudáčka **doporučujem** k obhajobe.

V Bratislave, 19. júna 2020



prof. Ing. Viera Stopjaková, PhD.
Ústav elektroniky a fotoniky,
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Ilkovičova 3
812 19 Bratislava
Slovensko

Oponentní posudek dizertační práce doktoranda Karla Dudáčka

Doktorand Karel Dudáček se ve své dizertační práci zabývá měřením časových intervalů mezi dvěma časovými událostmi na hranici možností současných technologií a s použitím nových algoritmů. Po úvodních kapitolách (1, 2, 3), kde doktorand specifikuje cíle dizertační práce, se doktorand věnuje v kapitole 4 současnému stavu technologií a algoritmů měření času. Probírá základní metody jako metodu křížové korelace, metodu počítání pulzů, metodu fázového posuvu a metodu zpožďovací linky. Porovnává metody z literárních pramenů a třídí je do tematických skupin. Blíže se zabývá metodou křížové korelace. V kapitole 5 přehledně porovnává metody interpolace následované korelací, aproximace korelační funkce, aproximace signálu metodou nejmenších čtverců a metodu fázového posuvu. V následující kapitole 6 a 7, které jsou klíčovými kapitolami dizertace, jsou probírány metody eliminace rozmazaného překrývání (Fuzzy Aliasing), redukce vzorkovacího signálu a zpracování naměřených dat pomocí Trellis diagramu.

Autor uvádí tři metody pro odstranění rozmazaného překrývání. Metodu křížových interferencí, metodu postupných iterací (které jsou velice náročné na výpočetní výkon) a metodu využívající Trellis diagramu (která významně redukuje potřebu vysokého výpočetního výkonu). Oproti metodě Fuzzy překrývání metoda Trellis diagramu neodstraňuje všechna nepravá maxima, ale vyhledá nejpravděpodobnější relevantní maxima.

a) Zhodnocení významu dizertační práce pro obor.

Práce doktoranda Karla Dudáčka v oboru zpracování signálu řeší novým způsobem (pomocí Trellis diagramu) vyhledávání nejpravděpodobnějších kmitočtů harmonického signálu s relativně vysokým kmitočtem. Přínos jeho práce vidím v použití známé metody pro problém nepravidelného vzorkování. Metoda dovoluje určit vstupní kmitočet při nepravidelném vzorkování na běžném mikrokontroléru s relativně malým výpočetním výkonem.

b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle.

Doktorand analyzoval současný stav řešení problému ve světě. Podrobně rozebral jednotlivé metody měření časů, potažmo kmitočtů, vyhodnotil jejich chybová pásma a porovnal jednotlivé výsledky. Dále navrhl svou vlastní metodu a doložil jí výpočty pro simulované vstupní signály. Cíle práce byly splněny v celém rozsahu zadání.

c) Stanovisko k výsledkům dizertační práce a k původnímu přínosu předkladatele dizertační práce.

Metoda vyhledávání relevantních kmitočtů pomocí Trellis diagramu je původní autorovo řešení, které bylo též publikováno na mezinárodní konferenci. Trellis diagram je známá metoda popisu chování konečného automatu používaná například v kódování. Nebyla však nikdy použita pro nepravidelné vzorkování. V tomto použití vidím originální přínos doktoranda.

Nicméně mám k práci několik poznámek a dotazů:

1. Jaká bude specifikace vzorkovacího kmitočtu převodníku, budete-li uvažovat vstupní kmitočet f_p pro váš způsob nepravidelného vzorkování?
2. Bude možno použít převodník se vzorkovacím kmitočtem menším než je $2x f_p$?

d) Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni.

Práce je napsána přehledně a systematicky. Formální úprava je dobrá. Práce je napsána v angličtině. Některé formulace nedávají smysl, nebo nejsou v angličtině:

- For adjusting the Wiener filter, it is necessary to know system's impulse response and the power spectra of the signal and noise. Str. 27 odst. 4.2.8 (nedává smysl)

- Splitting the equation 7.2, we get coefficients for sinus and cosine part of the base Str. 58 odst 71 (sine, cosine)
- Exponential Str. 58 odst 71 (exponential)
- monofrequency signal Str. 58 odst 71 nepoužívané pro jedno tónové signály, (single frequency component or single tone signal)

Je zvykem uvádět v úvodu práce seznam a vysvětlení používaných zkratek, v práci chybí.

e) Vyjádření k publikacím studenta

Publikační činnost studenta (osm publikací celkem, konference a semináře šestkrát z toho dvě v zahraničí jedna výzkumná zpráva a jeden článek v časopisu) dosahuje běžné publikační činnosti průměrného doktoranda.

f) Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje dizertační práci k obhajobě.
Práci doporučuji k obhajobě

V Plzni 29.2.2020

Vjačeslav Georgiev

