

## Stanovisko školitele

**Doktorand:** Ing. Petr Dostálek

**Název práce:** Embedded systém pro lokalizaci zdroje zvuku

Ing. Petr Dostálek nastoupil na Institut informačních technologií v roce 2002 jako absolvent oborového studia „Automatizace a řídicí technika ve spotřebním průmyslu“. V témže roce zahájil studium doktorského studijního programu, ve kterém se zaměřil na v té době se začínající profilaci pojmu embedded systém. Navázal na své předchozí práce – bakalářskou a diplomovou, které byly zaměřeny na aplikace mikropočítačového řízení pro vybrané technologické procesy.

Disertační práce se zabývá problematikou lokalizace zdroje zvukového signálu pomocí mikrofonního pole se zaměřením na aplikace v bezpečnostních systémech. Toto upřesnění téma bylo provedeno ve spolupráci UART a UEM, který se bezpečnostní tematikou zabývá. V práci se zaměřuje na řešení určení polohy zdroje zvuku dvěma metodami - odhadem časových zpoždění dopadu zvukové vlny na mikrofonní pole a pomocí beamformingu. Vyvinutý zvukový lokalizační systém je složen ze tří základních komponent: mikrofonního pole s geometrickou konfigurací danou příslušnou metodou vyhodnocování, 16 kanálového a vyhodnocovacím embedded systémem na bázi zodolněného kompaktního průmyslového počítače. Vyvinutý a realizovaný systém umožňuje využít obě výše uvedené metody lokalizace zdroje zvuku.

Disertant přistupoval k řešení úkolu při plném pedagogickém využití a při výkonu funkce tajemníka ústavu odpovědně, svědomitě a s velkým zaujetím a věnoval mu převážnou část své mimopedagogické činnosti. Pracoval samostatně, problematiku konzultoval se školitelem, s odborníky - kolegy na pracovištích FAI i mimo ně. V průběhu řešení vedl několik bakalářských a diplomových prací, zaměřených na tuto problematiku, průběžné dosažené výsledky publikoval zejména na tuzemských a mezinárodních konferencích. Výsledky jeho práce byly také uplatněny jako dílčí výsledky řešení Výzkumného záměru a projektu řešeného v rámci MPO.

Vzhledem k velmi dobré práci disertanta v průběhu zpracování disertační práce a ke splnění stanovených cílů této práce doporučuji předloženou disertační práci Ing. Petra Dostálka k obhajobě.

Ve Zlíně dne 31.8.2009



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
školitel

# OPONENTSKÝ POSUDEK

k disertační práci Ing. Petra DOSTÁLKA

Téma disertační práce: „Embedded systém pro lokalizaci zdroje zvuku“.

Zpracovatel posudku: Ing. František STRUHAR, CSc.

Funkce:.

Pracoviště: VOP-026 s.p. Šternberk, Divize VTÚVM Slavičín.

## 1. Aktuálnost zvoleného tématu

Vzhledem na aktivní vystupování ČR na mezinárodním poli při řešení politických, ekonomických i vojenských otázek, jejichž nedílnou součástí v současnosti je boj proti terorismu a vzrůstající podíl účasti ČR v aliančních misích, jejichž náročnost se neustále zvyšuje, narůstá i potřeba ochrany příslušníků bezpečnostních i civilních složek. Základním předpokladem této ochrany je včasné zjištění ohrožení nebo alespoň co nejrychlejší lokalizace zdroje ohrožení pro co nejrychlejší reakci vlastních prostředků. Proto se hledají způsoby, jakými to lze v různých podmínkách dosahovat. Jedním z možných směrů je vývoj pasivních systémů pracujících na základě zjišťování akustických projevů ohrožení. Zaměření disertační práce na problémy lokalizace zdroje zvukového signálu s důrazem na aplikace v bezpečnostních systémech pokládám proto za vysoce aktuální.

## 2. Naplnění stanovených cílů práce:

Autor stanovil cíl práce formulací jednoho hlavního cíle a sedmi dílčích bodů. Dílčí výhrady lze mít k naplnění prvních dvou bodů, kdy průzkum v současnosti nejpoužívanějších metod pro lokalizaci zdroje zvukového signálu a vzájemné porovnání vybraných metod, vyhodnocení jejich výhod a nevýhod, autor zmiňuje pouze okrajově a není zcela zřejmé, kde jsou formulovány závěry proklamované analýzy. Naopak za zcela naplněný lze považovat hlavní cíl práce, kdy záměr navrhnout a realizovat systém pro lokalizaci zdroje zvukového signálu byl naplněn realizací dokonce dvou typů lokalizačních systémů.

## 3. Vhodnost zvolených metod řešení:

Z hlediska výsledků řešení se jeví zvolené metody práce jako přiměřené. Kladem je zejména využití metody modelování pomocí simulací a metody experimentu v dostatečně širokém rozsahu, což umožnilo podrobně analyzovat a navrhnout vhodné způsoby řešení programového vybavení systému.

#### 4. Výsledky disertační práce:

Výsledky práce prokazuje i rozsáhlá publikační činnost v dané oblasti prokázala, že autor je dostatečně obeznámen s řešenou problematikou a dokáže se v ní dobře orientovat. To se projevílo v odhalení většiny kritických míst stávajícího stavu a jejich využití při návrzích možných způsobů řešení. Práce z velké části odráží vlastní výsledky získané řadou experimentálních měření a přes značné množství převzatých teoretických poznatků je možné ji považovat za původní. Po formální stránce je práce zpracována pečlivě, což nesnižují ani drobné nedostatky v pravopisu a ve formální úpravě (samostatné spojky a číslice na koncích řádků). Grafická úprava práce je na velmi dobré úrovni.

Celkovou úroveň disertační práce lze proto považovat za vyhovující pro oponentské řízení.

#### 5. Přínos práce pro teorii a praxi vědního oboru:

Důsledné řešení tématu práce je dobrým teoretickým podkladem pro praktickou realizaci dvou typů systémů, jejichž využití je již částečně realizováno při řešení projektu MPO. Přes značnou rozsáhlost a složitost problému se autorovi podařilo definovat podstatné otázky a zvolit v současné době nejprijatelnější možné způsoby jejich řešení. Práce je proto rovněž vhodným příspěvkem k odborné diskusi pro další výzkumné práce v této oblasti. V praxi je možné práci vhodně využít i při přípravě studentů a při vývoji dílčích prvků bezpečnostních a ochranných systémů.

#### **ZÁVĚR:**

Řešitel analyzoval současný stav a některé zkušenosti z používání audiových systémů a na základě této analýzy dospěl k návrhům možných systémů pro lokalizaci zdroje zvukového signálu. Přestože s některými závěry nelze vždy bezvýhradně souhlasit, splnil autor stanovený cíl disertační práce. Silná místa řešení spočívají v teoretickém rozboru možností řešení a v postoupení dostatečného počtu experimentálních měření. Ke kladům práce patří zjevná snaha autora formulovat vlastní názory. Práci doporučují předložit k oponentskému řízení,.

V průběhu oponentského řízení zodpovězení následujících otázek:

1. Jakých výpočetních časů dosahuje vyhodnocovací systém od okamžiku detekce události na vstupech po určení výsledné polohy zdroje zvuku u obou typů lokátorů? Pro systémy ochrany je doba vyhodnocení po poloze detekovaného zdroje druhou nejdůležitější charakteristikou.
2. Navržený embedded systém je postaven na bázi průmyslového počítače, jehož příkon dosahuje 25W, což může být limitující při napájení z akumulátorů. Existuje k němu alternati-

va s nižším příkonem se zachováním minimálně stejného výpočetního výkonu? (Reálný systém v terénu nemusí mít vždy možnost napájení ze sítě.)

3. Jakým způsobem autor disertační práce uvažuje o dalším využití dosažených výsledků disertační práce v praxi.

Ve Slavičíně dne 7. května 2010

# Oponentský posudek dizertační práce

Název práce:	<i>Embedded systém pro lokalizaci zdroje zvuku</i>
Dizertand:	Ing. Petr Dostálek, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, Ústav automatizace a řídicí techniky
Obor dizertace:	Technická kybernetika
Vedoucí práce:	Prof.Ing.Vladimír Vašek, CSc., UTB ve Zlíně, FAI
Oponent:	Prof.Dr.Ing.Miroslav Pokorný, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

---

Předložená dizertační práce obsahuje celkem 126 stran textu, účelně rozděleného do 8 kapitol a 14-ti obrazových příloh.

Téma disertační práce, zaměřené na oblast speciálních měřicích a výpočetních systémů je součástí vědního oboru kybernetika, odpovídá oboru disertace a z hlediska současného stavu vědy je aktuální.

Předložená disertační práce je věnována problematice analýzy, návrhu a technické realizace systému lokalizace zdroje zvukového signálu pomocí mikrofonního pole. Cíle disertační práce jsou explicitně deklarovány a globálně formulovány jako návrh a realizace systému pro lokalizaci zdroje zvukového signálu. Předpokládá se využití statického mikrofonního pole. Celek je koncipován jako doplňující zařízení bezpečnostního systému, pracujícího na jiných principech.

Dílčí kroky řešení jsou představovány analýzou současného stavu metodiky lokalizace polohy zvukových zdrojů, vzájemným porovnáním a zhodnocením jednotlivých metod, návrhem a realizací mikrofonního pole, návrhem a realizací mobilního lokalizačního systému, výběrem vhodného vyhodnocovacího algoritmu, jeho implementací a experimentálním ověřením realizovaného systému s diskuzí dosažených výsledků.

Věcná náplň je rozdělena do šesti z osmi číslovaných kapitol. Kapitola druhá je věnována literární rešerši, kapitola třetí deklaruje cíle práce, kapitola čtvrtá obsahuje teoretický rámec problematiky, pátá kapitola je věnována návrhu a realizaci funkčního vzorku systému, šestá obsahuje výsledky jeho praktického ověřování a sedmá diskuzi výsledků.

Posouzením obsahu předložené disertační práce, průběhu a výsledků řešení, je možno konstatovat, že její cíle – tak jak jsou uvedeny explicitně v kapitole 3 – byly splněny.

Řešení tématu práce se soustřeďuje na dvě vybrané metody lokalizace zdroje zvuku – metodu odhadu časových zpoždění akustických signálů a metodu beamformingu.

V kap.3 jsou deklarovány (dílčí) cíle práce, které budou posloupností kroků, vedoucí k inženýrské realizaci vypracovaného návrhu. Etapa vzájemného porovnání vybraných metod a vyhodnocení jejich nevýhod by však měla vést k závěru, čím předložené řešení přispěje ke zlepšení současného stavu. Kap.8 splnění cílů potvrzuje, avšak ani zde není explicitně uvedeno, která část řešení nese znaky původnosti. Není proto snadné určit přínos práce

v teoretické oblasti. Proto bych chtěl požádat dizertanta, aby tento problém promyslel a v rámci obhajoby na něj odpověděl.

Přínosy v oblasti praktické jsou nesporné, realizace funkčního vzorku lokalizačního systému a jeho úspěšné experimentální ověření je jednoznačně prokazují.

#### *Poznámky k hodnocení práce*

V práci je několikrát zmíněna úloha stanovení vzdálenosti zvukového zdroje, konečné řešení s aplikací metody TDOA ani metody beamformingu ji však nezahrnuje. Lokalizace vzdálenosti zdroje zvuku není dopracována, i když metoda hyperbolické lokalizace řešení tohoto problému přímo nabízí.

Zajímavou je poznámka autora o významu psychologických aspektů lidského slyšení (str.23). Bylo by zajímavé se v rámci řešení alespoň zmínit o možných znalostech (zřejmě subjektivních), které člověk pro zvýšení efektivity identifikace zdrojů zvuku využívá a které by mohlo být účelné do modelu vyhledávání zahrnout. Hybridní matematicko-znalostní model by bylo možno si v této situaci docela dobře představit. Nesouhlasím tak zcela s konstatováním na str.17, že to možné není.

Ideové, technické i programové řešení funkčního vzorku je kvalitní a svědčí o dobrých inženýrských schopnostech dizertanta. V této souvislosti by bylo jistě možné a elegantní pro realizaci vyhodnocovací části uvažovat o využití signálových procesorů.

Dizertační práce je psána přehledně, text i obrázky jsou dobře čitelné. Vyskytují se drobné chyby (např. ve vztazích (35) a (37). Gramatické prohřešky lze nalézt také v anglické verzi sumáře.

Publikační aktivita dizertanta je na velmi dobré úrovni, publikace výsledků řešení dizertační práce jsou zahrnuty.

#### *Dotazy k obhajobě*

1. Proč je v antialiasingovém obvodu zesilovačů mikrofonního signálu použito filtrů Besselova typu – přes jejich ne zcela vyhovující průběh amplitudové frekvenční charakteristiky v nepropustném pásmu? (str.47)
2. Jaká jsou při použití metody TDOA doporučení pro efektivní (optimální?) rozmístění mikrofónů? (str.90 - Obr.62)

#### *Závěrečné zhodnocení*

Předložená dizertační práce pana Ing. Petra Dostálka prokazuje jeho dobrou orientaci v problematice fyzikálních jevů a jejich speciálních měření, teorie signálů a metod jejich zpracování, metodiky inženýrského návrhu a realizace hardwarových a softwarových systémů, experimentování a diskuze výsledků. Ing. Petr Dostálek prokázal svoji vědeckou erudici, schopnost samostatné tvůrčí práce a aplikace jejích výsledků při řešení praktických problémů.

Doporučuji dizertační práci pana Ing. Petra Dostálka k přijetí. Dále doporučuji, aby v případě její úspěšné obhajoby byl panu Ing. Petrovi Dostálkovi, v souladu s §72 Zákona 111/98 Sb. o vysokých školách a příslušnými ustanoveními předpisu o doktorském studiu na UTB ve Zlíně a její Fakultě aplikované informatiky, udělen akademický titul

**„D o k t o r, Ph.D.“**

v akreditovaném oboru Technická kybernetika.

Prof. Dr. Ing. Miroslav Pokorný

Ostrava, 14. března 2010

**Prof. Ing. Radim Farana, CSc.**  
VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra automatizační techniky a řízení  
17. listopadu 15/2172  
708 33 OSTRAVA-PORUBA  
E-mail: radim.farana@vsb.cz

## **OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE**

*Název práce:* Embedded systém pro lokalizaci zdroje zvuku  
*Doktorand:* Ing. Petr Dostálek  
*Obor:* Technická kybernetika  
*Pracoviště:* Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,  
Fakulta aplikované informatiky  
*Školitel:* prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

Oponentský posudek byl zpracován na základě dopisu děkana Fakulta aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, kterým mne jmenoval oponentem této doktorské disertační práce.

Předložená disertační práce obsahuje 126 číslovaných stran textu práce včetně profesního životopisu disertanta a příloh, v seznamu literatury je uvedeno 32 položek a dále 44 publikace autora doktorské práce, příspěvky na povětšinou mezinárodních vědeckých konferencích a 3 výzkumné zprávy.

Disertační práce je příspěvkem k problematice prostorové lokalizace zdroje zvuku, jmenovitě se zabývá návrhem a realizací vestavného systému pro sběr dat, jejich vyhodnocení a identifikaci polohy zdroje signálu.

### **Téma a cíle disertační práce**

K cílům doktorské disertační práce, jak je definuje třetí kapitola, patří především rozbor současných metod lokalizace zdroje zvuku, návrh a realizace mikrofonního sběru a vyhodnocení dat a jejich počítačové prezentace.

Cíle předložené práce jsou přiměřené, aktuální, odpovídají náročným požadavkům na doktorské disertační práce z hlediska metodiky vědeckého přístupu, původnosti a přínosu pro rozvoj oboru i reálných předpokladů pro jejich praktické uplatnění. Dosažené výsledky přispívají k poznání v předmětné oblasti a jsou přímo využitelné jak v praxi, tak ve výuce předmětů z oblasti měření, diagnostiky nebo bezpečnostních systémů.

### **Zvolené metody zpracování a dosažené výsledky**

Text práce rozdělil autor celkem do deseti logicky navazujících hlavních kapitol, včetně podrobného obsahu, literatury, vlastních publikací a souhrnu práce v angličtině. Po krátkém rozboru současného stavu řešené problematiky a vymezení cílů práce následuje několik kapitol popisujících východiska práce, návrh technického řešení a jeho ověření, až po diskuzi dosažených výsledků.

Celkově však lze říci, že disertant pro splnění stanovených cílů zvolil správné metody a postupy, což dokumentují výsledky prezentované v předložené práci.



## Význam práce pro praxi a rozvoj vědního oboru

Výstupem předložené práce je vytvořený technický systém pro sběr dat a jejich vyhodnocení pomocí vestavného průmyslového počítače, včetně prezentace výsledků v grafické podobě, tedy komplexní inženýrské dílo, splňující současné požadavky na řešení takového komplexního problému.

Je škoda, že se autor omezil na ověření činnosti vytvořeného systému a nezařadil také nějaké výsledky z praktického nasazení systému, např. pro automatické směřování záznamové kamery s rámci bezpečnostního systému, když se o takové možnosti využití vytvořeného systému v práci zmiňuje.

## Formální úprava a jazyková úroveň disertační práce

Po formální stránce je předložená práce na dobré úrovni, vlastní grafické zpracování jak textu, tak obrázků je úpravné a přehledné. Mohu konstatovat, že práce je členěna do kapitol přehledně, návaznost jednotlivých kapitol i jejich pojmenování je správné a má logickou strukturu. Poněkud překvapivě působí pouze dvoustránkový popis současného stavu řešené problematiky, i když je pravdou, že další informace jsou obsahem kapitoly popisující teoretický rámec práce.

Řada překlepů a typografických chyb svědčí nejspíše o spěchu při dokončování práce, neboť řadu z nich by odhalily běžně dostupné korekční nástroje integrované v programu MS-Word (např. chybějící znaky ve slovech, jako „l“ ve slově „roz išením“ na straně 58.). Největším prohřeškem autora je nedůsledné vyznačování symbolů kurzívou, které začíná již v seznamu použitých symbolů a značek a opakuje se na mnoha místech textu, což nepříjemně ovlivňuje jeho čitelnost. Také jejich označení je diskutabilní, např. jak může symbol  $R_{ij}$  reprezentovat „vzájemnou korelační analýzu signálů ...“, když je analýza zjevně procesem. Některé symboly pro změnu nejsou vysvětleny („n“). Podobně zbytečně snižuje čitelnost textu chybné používání „45<sup>o</sup>“ což znamená „čtyřiceti pěti stupňový“ namísto správného „45“ s významem „čtyřicet pět stupňů“.

Popis uživatelského rozhraní v kapitole 5.2.3 je realizován volným textem, který je velmi nepřehledný a špatně pochopitelný, rozdělení popisu jednotlivých možností, nabídek apod. na jednotlivé odrážky by byl určitě vhodnější.

Použitá literatura je v práci citována, i když jsem v textu nenašel odkazy na řadu položek, takže není zřejmý důvod jejich zařazení do seznamu. Současně se některé části textu jeví jako převzaté, typicky např. obrázek 2 – vnitřní struktura lidského ucha zřejmě není výsledkem bádání autora, podobně např. empirická rovnice (4) byla zřejmě převzata a bylo by velmi vhodné uvést zdroj, neboť jinak může být v rámci obhajoby požadováno doložení její správnosti. Jiné zdroje sice jsou citovány, ale bylo by vhodné je citovat i při opakovaném použití (např. [8] na str. 60 v kapitole 5.2.2).

V zařazeném soupisu publikací autora by bylo vhodné vyznačit (či lépe vybrat) ty, které se přímo vztahují k řešené problematice, zejména když je publikační činnost autora tak bohatá, v databázi ISI Web of Knowledge lze snadno najít 8 prací autora, což je u obhajoby disertační práce rozhodně vysoce nadprůměrné.

## Připomínky a dotazy k obhajobě

V rámci obhajoby disertační práce by bylo vhodné, aby se doktorand vyjádřil k následujícím dotazům:

- V práci není uvažováno o vlivu vlastností použitých elektretových mikrofonů na chování vytvořeného systému; jak by se projevilo použití mikrofonů s jinými charakteristikami?

- Na obrázcích 18 a 19 je dokumentován vliv volby chovacího okna, co z nich vyplývá a jaký má tato skutečnost vliv na řešenou disertační práci?
- Jaký je vztah obrázku 20 k předchozím obrázkům 17, 18 a 19? Jedná se o prezentaci stejného signálu?
- V tabulce 5 jsou uvedeny souřadnice jednotlivých mikrofonů s přesností na tisíce milimetru, jakým způsobem byly tyto údaje změřeny a s jakou přesností?
- Na obr. 44 je popsán vytvořený komunikační protokol lokalizačního systému, díky použitému systému má velkou redundanci a tedy vyšší požadavky na rychlost komunikace, přitom z textu není zřejmé proč je zvolené řešení vhodnější než např. binárně orientovaný kód s výrazně nižší redundancí.
- Na str. 70 v bodu 5 je uvedeno, cituji: „Výslednou souřadnici potom získáme, po vyloučení zcela vychýlených bodů, výpočtem metodou nejmenších čtverců“. Předpokládám, že metoda nejmenších čtverců není použita pro popisované vyloučení „zcela vychýlených bodů“, takže by mne zajímalo, jak jsou identifikovány ony „zcela vychýlené body“ a dále použitý výpočetní předpis pro nalezení výsledné souřadnice.
- Ověření vlastností vytvořeného systému bylo provedeno v „akusticky zatlumené místnosti“, co to vlastně znamená, jaké byly její akustické vlastnosti a proč nebyla využita např. Hluková laboratoř, dostupná na VŠB-TUO?
- Autor sám připouští, že akustické vlastnosti použitého prostoru mohly nepříznivě ovlivnit získané údaje, nicméně neuvádí zdůvodnění, proč se naměřené směrové charakteristiky tak významně liší pro různé frekvence testovacího signálu.

### Závěrečné hodnocení

Disertant osvědčil, že ovládá vědecké metody práce při řešení náročného analyticko-syntetického úkolu z aktuální oblasti měřicí a regulační techniky.

Doktorská disertační práce pana Ing. Petra Dostálka je zpracována na požadované odborné úrovni. Je přínosem pro rozvoj a využití embedded systémů, měřicí techniky a analýzy signálů, prokazuje jeho odborné znalosti a schopnosti, i jeho způsobilost k samostatné vědecké práci, a jeho dobré znalosti řešené problematiky.

Disertant tak splňuje podmínky Zákona č. 111/98 Sb, § 47, odst. 4. (o vysokých školách) pro doktorské disertační práce ve znění pozdějších předpisů, a proto předloženou práci

~~doporučuji k obhajobě~~

před Komisí pro obhajoby doktorských disertačních prací v oboru Technická kybernetika.

V Ostravě, dne 25. 3. 2010



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
VŠB – Technická univerzita Ostrava