

ACOUSTICAL DETECTION OF GUNSHOTS IN THE OPEN

Martin Hrabina

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xhrabi04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Milan Sigmund

E-mail: sigmund@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper describes development of reliable gunshot detection system without need of localization, with emphasis on low power consumption for use in counter-poacher devices primarily protecting elephants in Africa. Intended system will work as a binary detector of gunfire without further classification of used fire-am. Dominance of right gunshot detection over false alarm is crucial. Recognition system is based on LPC coefficients, correlation against template and comparison of spectral energy in sub-bands.

Keywords: gunshot recognition, signal processing, lineal predictive coding

1. ÚVOD

Detekcia výstrelů je súčasnosti používaná najmä v bezpečnostných aplikáciach pre políciu a armádu. Najmä armádne systémy vyžadujú vysokú spoľahlivosť, úspešnosť detekcie blízku 100 % a minimálny reakčný čas. Možnosť pravidelného dobíjania nekladie zvláštne požiadavky na nízku spotrebu. Použitie na zvieracích obojkoch vyžaduje nízku spotrebu vzhľadom na obtiažnosť výmeny batérií, na druhú požiadavku stranu reakčný čas a čiastočne aj na úspešnosť detekcie niesú až také závažné, je však potrebné minimalizovať množstvo falošných alarmov.

Samotným rozlišovaním výstrelů sa zaoberá mnoho publikácií. Publikácia [1] porovnáva niekoľko metód, ako je korelácia, mediánové filtrácie alebo rôzne vlnkové transformácie, [2] pridáva LPC a MFCC koeficienty v súčinnosti s Gaussovským kernelom (RBF kernel). Publikácia [3] porovnáva LPC a MFCC koeficienty na úrovniach SNR 20dB – 30 dB s výsledkami 59% (LPC) a 31% (MFCC). Niektoré publikácie ďalej odporúčajú použitie metód minimalizujúcich šum.

2. DETEKČNÝ ALGORITMUS

2.1. ZVUKOVÁ DATABÁZA

Dostupná databáza je pomerne malá a slúži na odhadnutie funkčnosti systému, je plánované dodatočné rozšírenie databázy o zvuky strelby aj zvuky cudzie. Databáza je rozdelená na 5 rôzne veľkých kategórií o nahrávkach trvajúcich 15 sekúnd až 2 minúty. Zvolené vzorkovanie je 44,1 kHz a kvantizácia 16 bitov. Zvuky boli nahrávané v prírode za rôznych šumových podmienok. Prvá kategória obsahuje 26 výstrelů zo samopalu, druhá 4 výstreli z pušky, tretia kategória obsahuje 25 záznamov lámania dreva, štvrtá 13 nahrávok štekajúcich psov a posledná rôzne iné zvuky (špliechanie, motor, prelietavajúce lietadlo...). Nahrávky výstrelů obsahujú na začiatku hovorenú reč, udávajúcu vzdialenosť a iné podmienky nahrávania.

2.2. PREDSPRACOVANIE ZVUKU

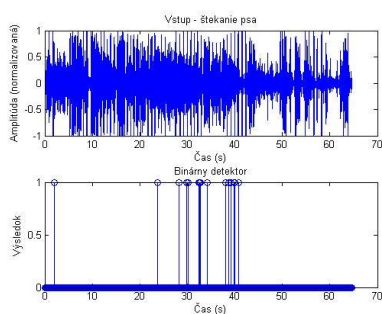
Podobne ako v [4] bola zvolená dĺžka zvukového okna $N = 1024$ vzoriek (približne 23 ms), prekrývajúcich sa o $N_{OV} = 1/4$, teda 256 vzoriek. Ďalšie testované varianty boli $N = 512$ a $N = 2048$, ďalej bolo testované prekrývanie $N_{OV} = 1/8$ a bez prekrývania ($N_{OV} = 0$). Tieto varianty však

nedosahovali úspešnosť zvolenej alternatívy, čo sa prejavilo najmä v prípadoch kedy jedna nahrávka obsahovala viacero výstrelov. Dĺžka okna bola volená ako mocnina čísla 2 kvôli výhode ktorú táto dĺžka poskytuje pri aplikácii FFT.

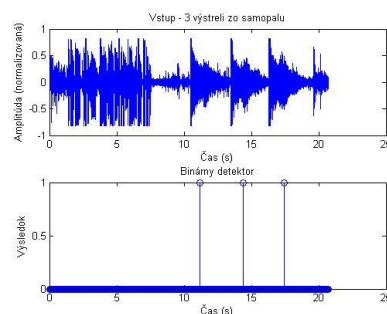
2.3. ROZPOZNANIE VÝSTRELOV

Vzhľadom na výsledky z [2], takmer 100% úspešnosť detekcie a 8,33% falošných alarmov, v tejto práci sa tiež používa korelácia a LPC koeficienty. Vstupný signál je okienko po okienku porovnávané s typickými charakteristikami výstrelov. Ako prvé bolo potrebné zvoliť vhodný vzorový signál pre koreláciu. V druhom bode boli porovnané LPC koeficienty ôsmeho rádu (tak ako v [2]) rôznych zvukov, aby bolo možné vybrať tie odlišujúce výstreli od ostatných zvukov. V Matlabe bola zostavená tabuľka LPC koeficientov 8. rádu pre 6 výstrelov a 4 zvuky z rôznych kategórií, následne boli tieto koeficienty manuálne porovnávané a boli zvolené tie, ktoré nadobúdali odlišných hodnôt pre výstreli oproti iným zvukom, doplnený algoritmus bol rozšírený a v prípade potreby bol pridaný ďalší koeficient. Takto zvolené boli koeficienty 3, 4 a 6a ich horná a dolná medz na určenie či sa jedná o výstrel alebo nie, zároveň bola určená aj medz pre koreláciu pozorovaním hodnôt ktoré dosahuje výsledok korelácie s výstrelom a iným zvukom a vhodným kompromisom medzi množstvom falošných alarmov a úspešných detekcií. S týmito nástrojmi môže byť každé vstupné okienko označené za vyhovujúce alebo nevyhovujúce. V prípade, že okienko vyhovuje všetkým trom LPC koeficientom a zároveň korelačnej medzi, je označené za výstrel. Kvôli podstatnému šumu v nahrávkach, tieto podmienky nezaručovali dostatočnú spoľahlivosť, hoci dokázali správne označiť väčšinu výstrelov, produkovali množstvo falošných alarmov. Bolo teda potrebné pridať ďalšie pravidlo, ktoré sice nezlepší množstvo detekovaných výstrelov, ale zamedzí väčšine falošných alarmov. Obrázok 1 ukazuje množstvo falošných alarmov v zázname štekania psa.

V súlade s [4] bolo pridaným kritériom porovnávanie energie v rôznych frekvenčných pásmach. Publikácia [4] porovnáva rôzne rozloženie pásem, ich šírku, hornú frekvenciu a iné. V tejto práci je horná frekvencia stanovená na 15 kHz, s piatimi pásmami po 3 kHz. Podobne ako pri LPC koeficientoch, boli aj tu zvolené pracovné frekvencie a stanovené horné a dolné limity na energiu v pásme. Kvôli zjednodušeniu sú používané iba 3 pásma. Toto kritérium bolo dostatočné na odfiltrovanie všetkých falošných alarmov v obrázku 3 a väčšiny ostatných. Obrázok 2 ukazuje signál pozostávajúci z reči a nasledujúcich 3 výstrelov zo samopalu.

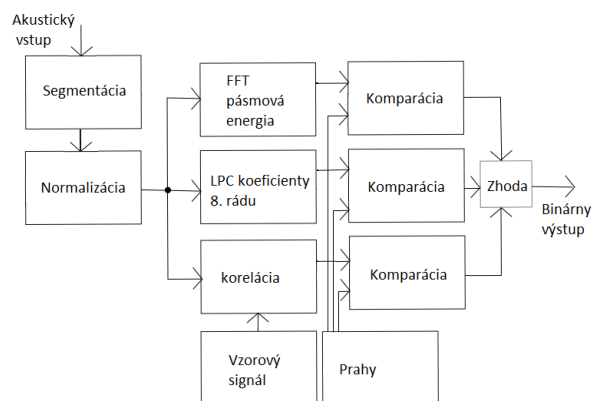


Obr. 1: Štekanie psa a dve kritériá



Obr. 2: Výstrel zo samopalu 3x

Celá ideová schéma od digitalizovaného akustického vstupu až po binárny výstup detektoru je ukázaná na obrázku 3.



Obr. 3: Ideová schéma

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Výsledky algoritmu sú zhrnuté v tabulke 1, táto porovnáva počet falošných alarmov pri kombináciách rôznych kritérií a všetkých troch kritérií. Úspešnosť v kategórii samopalov (ktorú sme skúmali) bola vo výsledku 81% (21 výstrelů z 26), falošné alarmy dosahovali 12% v kategórii lámania a 0% v ostatných kategóriách. Lovecké pušky dosiahli úspešnosť 50%, táto bude vylepšená so získaním ďalších nahrávok.

Tab.: 1 Falošné alarmy

Krit. / Trieda	Drevo	Pes	Iné
3 kritériá	3 / 25	0 / 13	0 / 9
korel + energia	10 / 25	1 / 13	1 / 9
korel + LPC	13 / 25	4 / 13	3 / 9
LPC + energia	22 / 25	4 / 13	3 / 9

4. ZÁVER

Cieľom tejto práce je vyvinutie algoritmu na samostatné rozpoznávanie výstrelů podľa vstupného zvukového signálu. Oproti iným autorom dosahujeme mierne horšie výsledky, používame však pomerne menej parametrov signálu, porovnanie je ďalej skomplikované absenciou údajov o šume. Pre ďalšie zlepšenie systému je kľúčové zaistiť ďalšie nahrávky jednak výstrelů, tak aj iných zvuků ktoré by sa mohli vyskytovať v blízkosti afrických slonů. Považujeme súčasný stav za dobrý východiskový bod v ďalšom rozvoji aplikácie, očakáva sa najmä zníženie počtu falošných alarmů.

LITERATÚRA

- [1] A. Chacon-Rodriguez and P. Julian, "Evaluation of gunshot detection algorithms," *Micro-Nanoelectronics, Argentine School of Technology and Applications*, 2008. EAMTA 2008. pp.49-54, 18-19 Sept. 2008
- [2] T. Ahmed, M. Uppal and A. Muhammad, "Improving efficiency and reliability of gunshot detection systems," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2013, pp.513-517, 26-31 May 2013
- [3] I.L. Freire and J.A. Apolinário Jr, "Gunshot detection in noisy environments," in *Proceeding of the 7th International Telecommunications Symposium*, Manaus, Brazil, 2010, pp.1-4.
- [4] A. Dufaux, "Detection and recognition of impulsive sound signals," Ph.D. dissertation, University of Neuchatel, Switzerland, 2001