

Hyundai používá přenosnou zvukovou kameru na bázi LabVIEW a FPGA

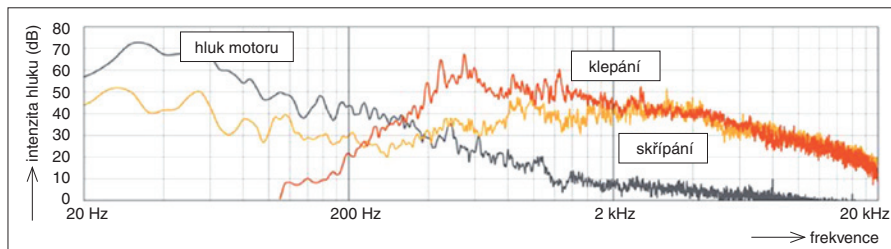
Článek popisuje přenosný systém pro vizualizaci a identifikaci rušivých přechodných zvuků z kategorie bzukot, skřípání a klepání v automobilech Hyundai. Systém se skládá z ruční zvukové kamery a softwaru NI LabVIEW. Pro zvýšení snímkovací frekvence a zmenšení hmotnosti zařízení jsou využity mikroelektromechanické systémy (MEMS) a hradlová pole FPGA.

Spotřebitelé očekávají, že se v jejich automobilech nebudou vyskytovat nežádoucí zvuky, souhrnně označované jako bzukot, skřípání a klepání (BSR – Buzz, Squeak and Rattle). Tyto zvuky ovlivňují výsledky studií spokojenosti zákazníků, jako je např. studie *Initial Quality Study* od společnosti J. D. Power, ve které několik automobilů značky Hyundai získalo nejvyšší hodnocení.

Zvuky BSR (obr. 1) jsou způsobeny nárazy a třením pohyblivých částí. Bzukot je krátký zvuk vyvolaný nárazem s vysokofrekvenční složkou způsobenou rezonancí. Mnoho skřípavých zvuků vzniká při lineárním pohybu kovu po jiném kovovém povrchu, popř. při tření pryžového řemene po kovové řemenici. Klepání se může projevit při pohybu vozu nebo při běhu motoru v zastaveném voze. Klepání může být také způsobeno reproduktory, které generují zvuky s nízkou frekvencí a velkou intenzitou. Prvním krokem k nápravě je identifikace zdroje hluku. Ta ale může být složitá.

Akustický tzv. beamforming zahrnuje mapování zdrojů hluku s použitím akustického pole. Metoda dokáže určit směr, z něž zvuk přichází, podle zpoždění, které vzniká při průchodu zvuku přes pole mikrofonů, např. na zvukové kameře. Zvuková kamera vizualizuje zvuk pomocí barevných map, podobně jako termokamera vizualizuje teplotu. Pole mikrofonů, které implementuje metodu beamforming, lokalizuje zdroje zvuku vizuálně. Proto jde o jedno z nevhodnějších zařízení pro detekci nežádoucího hluku BSR v automobilech. Existuje několik komerčně dostupných zařízení pro beamforming, které převádějí signály z pole mikrofonů na mapy intenzity hluku. Tato zařízení mají integrovanou kameru, aby bylo možné zobrazit mapu hluku společně s optickým záznamem, což usnadňuje lokalizaci zdroje hluku (obr. 2). Uvedená zařízení dokonce dokážou snímat několik zvukových snímků za sekundu a vytvářet tak hlukové videozáznamy. Obvykle se kvalita hlukových map a videozáznamů zlepšuje s rostoucí frekvencí zvuku, neboť prostorové rozlišení je nepřímo úměrné vlnové délce zvuku.

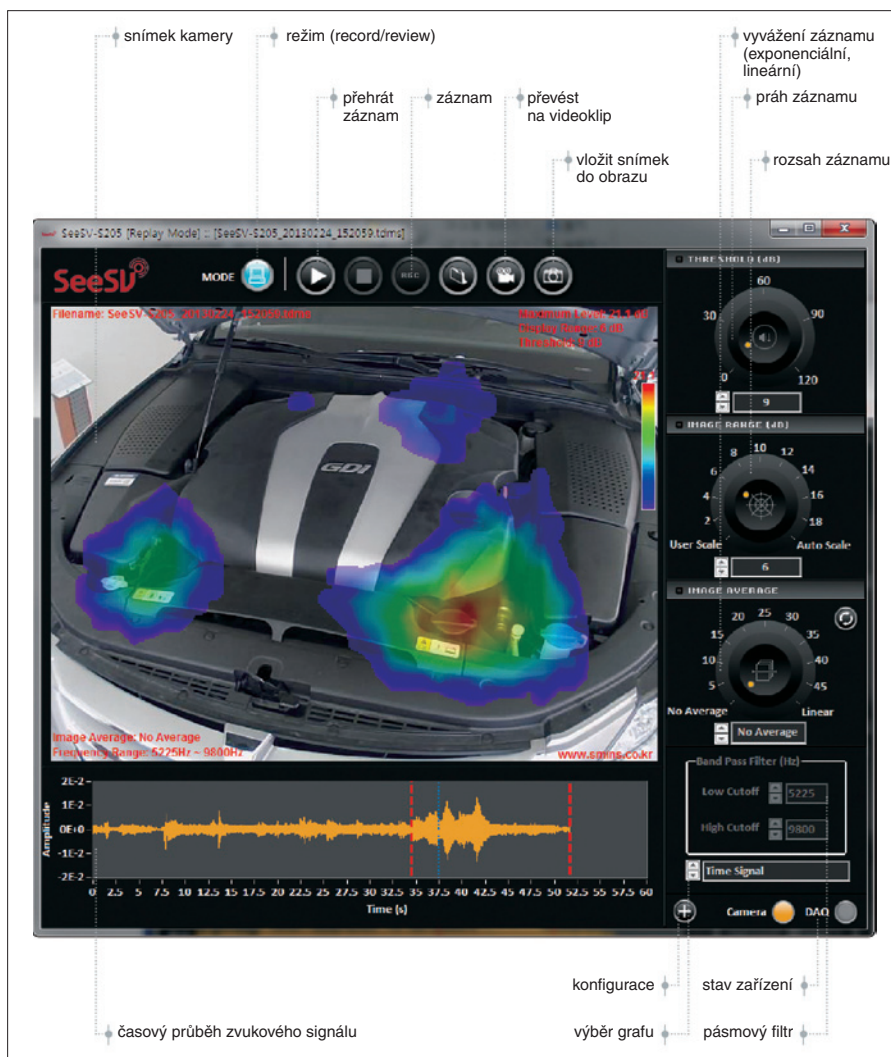
Identifikace zdroje hluku však i přesto může být obtížná. Zařízení musí mít krátkou



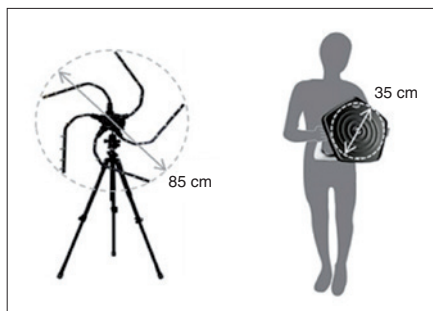
Obr. 1. Hluk typu BSR se projevuje ve vyšším frekvenčním spektru než běžný hluk od motoru

dobu reakce, aby zachytila přechodové hluky. Většina zvuků z kategorie BSR se projevuje nepravidelně a rychle. Někdy se tyto zvuky projeví v několika milisekundách a potom zmizí. Dále je pro tuto úlohu nutné lehké zařízení, které je dostatečně malé a přenosné a lze je použít v interiéru osobního vozidla, kde se většina zvuků BSR projevuje. Jelikož

je velikost pole mikrofonů přímo úměrná rozlišení obrazu, a to především pro nízkofrekvenční pásma, není jednoduché stavět malá přenosná zařízení pro beamforming. Zvuky typu BSR většinou spadají do pásma 300 Hz až 8 kHz. Vyšší frekvenční pásma přitom umožňují použít pole mikrofonů s menším rozměrem.

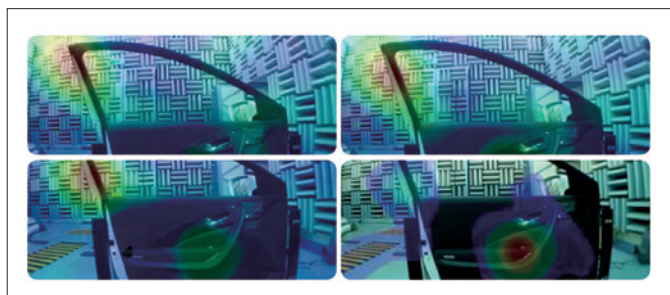


Obr. 2. Zvuková kamera SeeSV se používá k identifikaci vlivu krytu motoru ve voze Hyundai Genesis



Obr. 3. K identifikaci zvuků z kategorie NVH (vlevo) se používá větší pole mikrofonů než pro zvuky BSR

První systémy, které autoři vyvinuli pro identifikaci zdroje hluku, pracovaly s analogovými mikrofony ve spirálních polích s 30 až 48 kanály a s průměrem až 85 cm (obr. 3). Ve verzi s 30 kanály byl použit modul NI 9234 pro sběr dynamických signálů (DSA) v systému NI CompactDAQ. Pro verzi se 48 kanály byl zvolen modul DSA NI PXIe-4497. V LabVIEW potom autoři s pomocí sady nástrojů NI Sound and Vibration Measurement Suite vyvinuli pro zvukovou kameru aplikaci, která zahrnuje kvalita-



Obr. 4. Detekce zdrojů hluku na dveřích a oknech vozu

tní měření zvuku se zobrazením v reálném čase. Větší rozměr pole učinil kameru vhodnou jak pro identifikaci zdrojů zvuků BSR, tak pro identifikaci zvuků z kategorie NVH (Noise, Vibration, Harshness) s frekvencemi od 50 Hz. Zvuková kamera se používá v mnoha různých úlohách, včetně vizualizace hluku od projíždějících pneumatik či hluku od panelu ve dveřích, který způsobují reprodutory (obr. 4).

Protože jsou zařízení pro zpracování signálů neustále vylepšována, autoři přepracovali systém pro beamforming tak, aby byl dostatečně lehký a vhodný k detekci zvuků ve stísněných prostorech, a splnil tudíž požadavky firmy Hyundai. Dosáhli toho tak, že použili mikrofony využívající MEMS a obvody FPGA. Výkon mikrofonů s MEMS značně pokročil díky jejich využití ve spotřební elektronice, především v mobilních telefonech. Jsou nyní široce dostupné a levné a nabízejí plochou charakteristiku ve frekvenčním rozsahu lidského hlasu od 300 Hz do 8 kHz, což je i frekvenční pásmo pro měření zvuků typu BSR. Digitální mikrofون MEMS zahrnuje akustický převodník, předzesilovač a převodník sigma-delta na jediném čipu. Jelikož čip

převádí analogový signál na sérii digitálních pulzů, nejsou nutné další elektronické moduly a zmenšují se tak rozměry i hmotnost celého systému při zachování původních funkcí.

Aplikace byla do systému portována s použitím LabVIEW FPGA Module a výpočetně náročné algoritmy pro beamforming tak byly přeneseny na obvod FPGA v NI Single-Board RIO, což také přispělo k omezení rozměrů i ceny a k lepší přenosnosti měření. Umožnilo to rovněž integrovat funkce pro úpravu signálu, sběr dat, filtraci a beamforming do jediného čipu a připojit hardware pro sběr dat přímo



Obr. 5. Ergonomické úchyty usnadňují používání

k jednotce pro jejich zpracování v FPGA, což minimalizovalo latenci. Obvod FPGA může v každém cyklu vykonávat stovky operací a díky masivnímu využití paralelních operací značně překonává výkon PC.

Hmotnost celého systému je 2 kg,

a proto je snadno přenosný. Přitom je i dostatečně odolný: autoři navrhli pevnou konstrukci pro pole mikrofonů a kameru se třemi úchyty v zadní části pro usnadnění ovládání jednou rukou a dvěma rukama (obr. 5). Všechny senzory jsou umístěny na hlavní konstrukci s integrovanou kabeláží, což ve srovnání s předchozím systémem vedlo ke zmenšení rozměrů o 60 % a zmenšení hmotnosti o 70 %.

Uživatelé mohou využít malé rozměry a hmotnost systému a interaktivně zkoumat různé zdroje hluku nacházející se uvnitř i vně vozidla, dokonce i ve stísněných prostorech. Kompaktní konstrukce značně zkracuje dobu potřebnou k ustavení systému. Systém je pro svou velkou snímkovací frekvenci velmi efektivní při snímání a zobrazování přechodných zvukových jevů a používá se při testování několika nových luxusních modelů, jako je Hyundai Genesis, ve kterých zvuky typu BSR nejsou akceptovatelné.

(V elektronické verzi článku jsou připojeny dvě videoukázky, test palubní desky a test motoru.)

Youngkey K. Kim,
SM Instruments Co., Ltd.,
Kang-Duck Ih, Hyundai Motor Group

NOVÁ
VERZE LabVIEW
JE DOSTUPNÁ.

Jedna
platforma,
nekonečné
možnosti



NI LabVIEW je srdcem našeho přístupu ke grafickému programování, který v sobě ukrývá možnosti otevřené platformy a spolu s rekonfigurovatelným hardwarem přispívá k rychlosti vývoje měřicích a řídicích systémů.

>> Zvyšte produktivitu
svého vývoje návštěvou
ni.com/labview-platform

**NATIONAL
INSTRUMENTS™**

CZ: 800 267 267
SK: 0800 182 362

National Instruments (Czech Republic), s.r.o. • Sokolovská 1360 • 186 00
Praha 8 Česká republika • Tel: +420 224 235 774 • Fax: +420 224 235 749
Web: <http://czech.ni.com> • E-mail: ni.czech@ni.com Zapsáno v oddíle C,
vločka 69618 u Městského soudu v Praze • IČO: 25780697

© 2014 National Instruments Corporation. Všechna práva vyhrazena.
National Instruments, NI a ni.com jsou ochranné známky společnosti
National Instruments. 18437