

# System NI PXI a LabVIEW pomáhají snižovat hlučnost letadel Boeing

Výrobce letadel Boeing se rozhodl vyzkoušet, jak efektivní jsou technické úpravy vedoucí ke snížení hluku komerčního tryskového letadla během startu, přistávání i za letu. Ke zkouškám požadoval ne příliš nákladný rozšiřitelný systém sběru dat a pro jeho řešení použil řídicí jednotky a šasi PXI společnosti National Instruments (NI), dynamické analyzátoři signálů a software LabVIEW. Pomocí softwaru a hardwaru NI byl vytvořen technicky vyspělý nenákladný systém sběru dat distribuovaný v řídicích jednotkách v několika šasi. Systém využívá velký počet přesně synchronizovaných kanálů, přičemž každý z nich pracuje s plnou šířkou pásma. Počet kanálů je možné téměř libovolně rozšířit.

## Sběr a analýza dat z s fázovým posunem

Letové zkoušky, které měly ověřit efektivnost opatření pro tišší provoz, byly prováděny na zařízení v Glasgově (Montana, USA).



Obr. 1. Data z více než 600 mikrofonů umístěných na zemi jsou shromažďována a analyzována pro zjištění účinnosti opatření ke snížení hlučnosti

Ke sběru dat o hluku bylo použito pole mikrofonů (obr. 1). Na základě získaných údajů byly zpracovány mapy úrovní hluku, které ukázaly, odkud hluk přichází, jaké jsou jeho frekvence a hlasitost. Po přiložení těchto hlukových map na skutečnou mapu mohla být posouzena účinnost systémů na snižování hlučnosti. Dále bylo možné zjistit, jaké jsou možnosti dalšího omezení zdrojů hluku, a rozeznat hluk z motoru od hluku z kostry letadla.

Použitím nástrojů společnosti NI mohli odborníci z firmy Boeing vyhodnotit několik pokročilých koncepcí snižování hluku, včetně vytváření výstupní trysky, vliv nových akustických opatření na sání motoru a aerodynamických proudnicových tvarů pro hlavní přistávací podvozek.

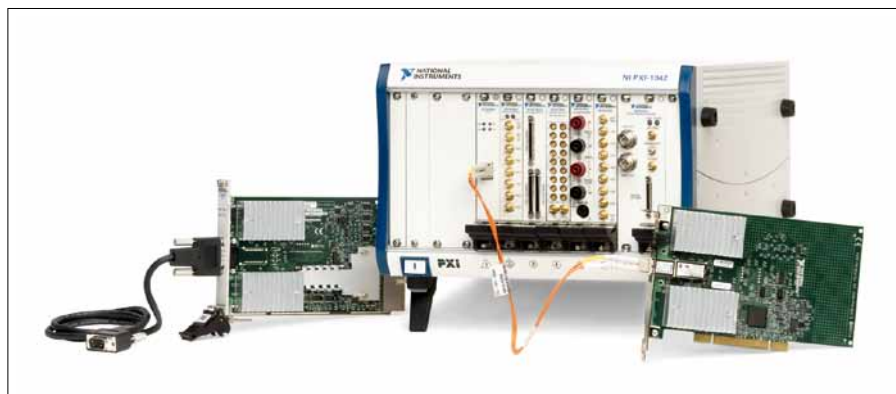
## Omezení předchozích systémů

V průběhu první fáze projektu Quiet Technology Demonstrator (QTD) v roce 2001 se používal testovací systém VXI, jehož počet kanálů i šířka pásma kanálů byly omezené. Systém potřeboval centralizovanou architekturu přenosu dat, a proto bylo nutné shromáždit všechna šasi VXI z důvodu synchronizace na jedno místo. Tudiž bylo

nezbytné vést dlouhé kabelové přípojky od mikrofonů k systému sběru dat. V systému se 100 kanály pro sběr dat bylo použito přibližně 16 km kabelů. Vedle omezení počtu kanálů a nevhodné architektury způsobovalo problémy zpoždění při synchronizaci pří-

sovací a synchronizační karty a připojovací karty PXI MXI-4 pro optické sítě. S využitím časovacích a synchronizačních karet byly distribuovány akviziční hodiny a startováno spuštění sběru dat v jednotlivých kanálech celého systému.

Každá karta PXI MXI-4 propojovala skříně PXI s počítačem serverové třídy PXI-8350, na kterém běžely systémy Windows XP a NI LabVIEW. Šasi PXI mohla být propojena optickým kabelem a od řídicího počítače mohla být vzdálena až 200 m. Každá řídicí jednotka PXI-8350 byla prostřednictvím linky Gigabit Ethernet spojena s jedním centrálním počítačem, což velmi urychlilo předávání dat do tohoto počítače a dalších



Obr. 2. Část systému pro sběr a zpracování dat o hlučnosti letadel

strojů v několika šasi VXI. Mezi další nedostatky patřily značné náklady na každý kanál a příliš pomalý sběr dat. Ve druhé fázi projektu (QTD2) chtěla firma Boeing používat nový systém, u něhož by tyto nedostatky byly vyřešeny.

## Řešení pomocí systému NI

Díky flexibilitě a modularitě systému PXI bylo možné vytvořit rozšiřitelný systém s kapacitou dovolující téměř neomezený počet kanálů. Za pomoci časovacích a synchronizačních karet NI bylo možné distribuovat hardware pro sběr dat a vytvořit pole mikrofonů, což omezilo spotřebu kabelů téměř o 80 %, přitom však byla zachována vzájemná shoda fází mezi kanály.

Ke sběru dat byl použit modul firmy National Instruments PXI-4462 určený pro dynamický sběr dat o rychlosti až 204,8 kS/s (tisíc vzorků/s). Bylo použito osm šasi PXI a každé z nich obsahovalo modul NI PXI-4462, ča-

stýmů pro zpracování a analýzu dat. Díky zvětšenému výkonu a neomezené distribuované architektuře byly náklady na jeden kanál sníženy o více než 50 % oproti předchozímu systému.

## Zkoušení pomocí pole mikrofonů

Testovací zařízení bylo vybaveno 600 pozemními mikrofony (obr. 1), umístěnými v obvyklé spirálové struktuře rozprostřené na konci startovací a přistávací dráhy na ploše 76 × 91 m. Byl snímán hluk letadla Boeing 700-300R při přeletu nad touto plochou a zaznamenaná data byla okamžitě zpracována, a tím byl získán akustický obraz letadla. Systém zpracování dat ve skupině počítačů, připojené k hlavnímu počítači prostřednictvím linky Gigabit Ethernet, analyzoval data v reálném čase.

Během typického zkušebního cyklu letělo letadlo nad polem mikrofonů průměrně každých šest minut. Systém byl schopen během

této prodlevy načíst pořízené údaje a připravit se na další měření. V průběhu zkoušek byla zaznamenána data z více než 300 přeletů a získány údaje ze 78 letových minut – více než 1 TB dat.

### Architektura hardwaru

Aby byl systém sběru rozšiřitelný až na 1 000 kanálů, musela použitá architektura zahrnovat několik řídicích jednotek typu PC a jednotky PXI. V této architektuře provádějí nadřazené jednotky (master) časování a spouštění a podřízené jednotky (slave) distribuují hodiny, řídí lokální sběr dat a ukládají data na disk. Hlavní počítač řídí konfiguraci všech systémů PXI, poskytuje uživatelské rozhraní pro nastavení a ovládání softwaru a přijímá veškerá data od každého systému PXI. K transparentnímu dálkovému řízení systémů PXI (obr. 2) byly použity řídicí jednotky serverové třídy PXI-8350 montované do stojanu 1U a připojené optickou sítí MXI (obr. 3). Tato architektura umožňovala distribuovat sběr dat do několika skupin PXI-4462 v okolí pole mikrofonů, přičemž jejich nadřazené jednotky PXI-8350 byly umístěny v nákladním automobilu vzdáleném až 200 m odtud.

Řadiče Serial ATA založené na komerčním hardwaru a konfigurované v poli RAID 0 instalované v PXI-8350 dovolovaly vést všechny kanály přímo do disku při plné rychlosti vzorkování. Tento modulární systém umožnil snadno připojovat další kanály nebo systém dělit na více systémů s menším počtem kanálů.

### Architektura softwaru

Systém byl kompletně vyvinut v programu LabVIEW. Bylo možné využít nebo snadno upravit již vytvořené programy a řešení jiných vývojářů společnosti Boeing i programy, které jsou k dispozici na webových strán-

kách [www.ni.com](http://www.ni.com). Včetně osvojení programu LabVIEW trval vývoj celého systému jednoduše člověku necelých šest měsíců. Vzhledem k pečlivě zvolené architektuře a modularitě systému PXI byl zjednodušen proces ladění systému. To se projevilo, když bylo třeba při vývoji systému přidat dalších 128 kaná-



Obr. 3. Pro sběr dat z mikrofonů byl použit PXI systém s modulem PXI-4462

lů. Za pouhé dvě hodiny byl systém rozšířen z 320 na 448 kanálů. Do této doby bylo zahrnuto vybalení a zapojení vstupních modulů. Vlastní úprava konfiguračního systému zabrala dvě minuty.

### Časování a synchronizace

Použitím časovacích a synchronizačních řídicích modulů PXI-665x firmy National Instruments bylo dosaženo přesné synchronizace mezi moduly v jedné skříni i v dalších distribuovaných systémech. Kombinace nadřazených (master) modulů NI PXI-6653 s podřízenými NI PXI-6651 dovolila provozovat všechny systémy PXI ve stejném taktu. Kabely distribuovaly časovací signál po celém systému a umožnily, aby jednotlivě

vé skříně byly vzdáleny až 200 m do sebe, a přitom byla zajištěna přesná synchronizace mezi zařízeními pro dynamický sběr dat. Díky této architektuře běželo všech 448 kanálů v osmi systémech PXI s frekvencí 93 kHz.

### Dynamický sběr dat

Systém pro sběr dat byl volen tak, aby mohl být použitelný jak při zkouškách v reálném měřítku s požadovanou frekvencí do 11,2 kHz, tak i při zkouškách na modelu 1:20 ve větrném tunelu, kde jsou vyžadovány větší rychlosti vzorkování. Těmto potřebám vyhověl modul PXI-4462 pro dynamický sběr dat se čtyřmi současně vzorkovanými vstupními kanály a šířkou pásma 93 kHz. Použitím 24bitových A/D převodníků sigma-delta bylo možné měřit nízkonapěťové signály 1,25  $\mu$ V. Vzhledem k tomu, že v systému PXI-4462 je integrován elektronický piezoelektrický (IEPE) zdroj proudu pro senzory, bylo dosaženo třicetinásobného snížení nákladů a významně se zjednodušilo použití převodníků.

### Závěr

Použitím softwaru a hardwaru společnosti NI bylo možné vytvořit špičkový nenákladný systém sběru dat distribuovaný v jednotlivých skříních systému PXI. Všechny kanály jsou přesně synchronizovány a mají plnou šířku pásma. Počet kanálů lze téměř neomezeně zvyšovat. Systém umožnil odborníkům společnosti Boeing zlepšit schopnosti jednotlivých kanálů pro sběr dat, ale také pětinašobně snížit množství potřebných kabelů a třicetkrát zmenšit náklady na systémy mikrofonů pro zkoušky při přeletech letadel oproti první fázi projektu Quiet Technology Demonstrator (QTD) v roce 2001.

James Underbrink,  
Boeing Aero/Noise/Propulsion Laboratory

## ► Jednotná koncepce integrace provozních přístrojů

Integrace provozních přístrojů je již téměř deset let ve znamení konkurenčního souboje dvou koncepcí, EDDL a FDT/DTM. Německé sdružení NAMUR již v roce 2004 vydalo doporučení NE105 *Specifications for integrating fieldbus devices in engineering tools for field devices*, které zcela jednoznačně stanovilo požadavky uživatelů na metody integrace provozních přístrojů. Avšak ani jedna z uvedených koncepcí základní požadavky tohoto doporučení nespĺňuje a NAMUR je

přesvědčeno, že z dlouhodobého hlediska může jejich využívání výrobcům i uživatelům automatizační techniky způsobovat jen potíže.

Další rozvoj není možný bez důkladné revize obou koncepcí a jejich harmonizace. Harmonizovaná koncepce integrace provozních přístrojů by zjednodušila situaci výrobcům i uživatelům a rozšířila by možnosti jejího uplatnění v praxi.

Německé sdružení NAMUR a nizozemské WIB proto vydala společné prohlášení o podpoře standardu FDI (*Field Device Integration*), v němž vidí budoucí jednotnou koncepci integrace provozních přístrojů.

Je třeba si uvědomit, že FDI přichází na svět v době, kdy mnoho uživatelů uva-

žuje o integraci provozních přístrojů jako o šanci, jak jednoduše realizovat spolehlivou a stabilní transparentní komunikační síť ve výrobním závodě. Pro tyto uživatele je důležité zejména to, aby měli k dispozici takovou metodu integrace provozních přístrojů, která bude standardizovaná, a tím ochráni jejich investice do provozní techniky, a aby soulad výrobků s normou zaručila nezávislá certifikační autorita.

Sdružení NAMUR a WIB jsou přesvědčena, že jen aktivní podpora rozvoje standardu FDI je cestou, jak realizovat jednotnou koncepci integrace provozních přístrojů.

[Společné prohlášení MAMUR a WIB, 3. 12. 2009.]  
(Bk)