



# Cenovo dostupný laserový skener pre mobilné platformy

Autonómne mobilné roboty nachádzajú v súčasnosti čoraz širšie uplatnenie v mnohých odvetviach. Ich rôzne úlohy a spôsoby použitia si vyžadujú nové sofistikované riešenia autonómnej navigácie v neznámom prostredí. Keďže na navigáciu mobilného robota vo vnútorných priestoroch nemožno použiť signál globálneho navigačného satelitného systému (GPS), treba použiť iný navigačný systém, ktorý nie je závislý od externých informačných zdrojov. Na dosiahnutie požadovanej a ohraničenej presnosti navigačných informácií preto treba navrhnúť navigačný systém, ktorý bude fúziou navigačných informácií z viacerých senzorov poskytovať požadovanú presnosť počas celej navigačnej úlohy. Medzi najvhodnejšie senzory na vnútornú navigáciu a mapovanie uzavretých priestorov patria odometrické senzory, laserový skener, kamera a inerciálny navigačný systém. Článok opisuje základné vlastnosti a možnosti použitia cenovo dostupného laserového skenera URG-04LX, ktorý je vhodný pre takéto aplikácie.

## Úvod

Mobilné roboty používajú senzory podobným spôsobom, ako človek svoje zmysly. V rámci zložitých úloh v mobilnej robotike, akými sú napr. plánovanie trasy, detekcia a obchádzanie prekážok či lokalizácia a tvorba máp v neznámom prostredí, hrajú najdôležitejšiu úlohu senzory zabezpečujúce mobilným robotom funkciu „videnia“ okolitého prostredia. Spomedzi mnohých na to vyvinutých senzorov [2] sú na navigáciu a mapovanie vhodné laserové skenery. Princíp snímania priestoru laserovým lúčom sa označuje skratkou LADAR (Laser Detection and Ranging, Laser Radar).

Pri konštrukcii mobilných robotov treba brať do úvahy mnohé obmedzenia pri voľbe senzorov, ktorými sú hlavne rozmery, hmotnosť, spotreba energie a cena. Komerčný trh donedávna ponúkal rôzne typy senzorov LADAR s rôznymi parametrami [2], s hmotnosťou v rozsahu od 5 do 65 kg, spotrebou rádovo desiatky wattov a cenou v rozsahu niekoľko tisíc dolárov. Vďaka týmto parametrom boli tieto typy senzorov pre malé mobilné aplikácie nedostupné vzhľadom svoju energetickej náročnosti aj cenu.

## Senzor URG-04LX

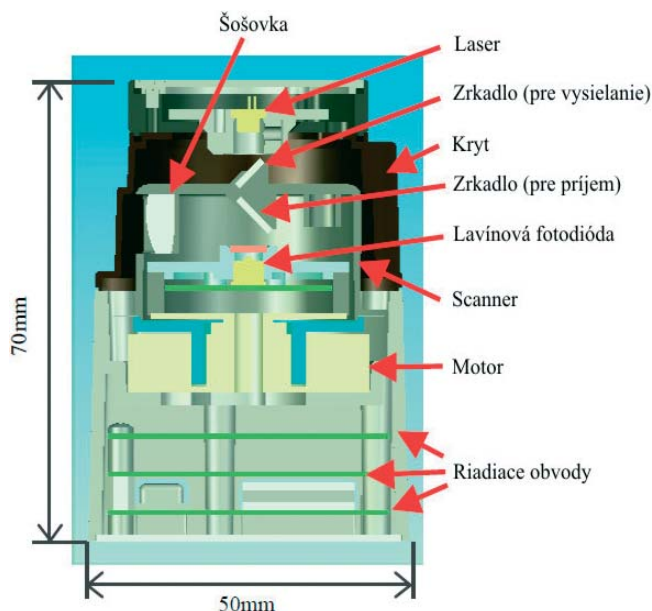
Relatívnu novinkou v oblasti senzorov LADAR je senzor URG-04LX (obr. 1) od firmy Hokuyo Automatic Co., Ltd. [3], ktorého prototyp bol opísaný v roku 2005 [1].

Tento senzor už začína spĺňať očakávania konštruktérov malých mobilných robotov. Svojimi rozmermi  $50 \times 50 \times 70$  mm hravo spĺňa požiadavku „coffee cup-sized sensor“, hmotnosť 160 gramov umožňuje jeho použitie aj na rýchlo sa pohybujúcich alebo rýchlo rotujúcich platformách. Príkonom tohto zariadenia je pri jednosmernom napájaní 5 V približne 2,5 W, čo predstavuje zaťaženie zdroja prúdom približne 0,5 A. Tieto hodnoty nadmerne nezatažujú zdroje mobilného robota. Vnútroštruktúra senzora URG-04LX je na obr. 2 a základné technické údaje sú uvedené v tab. 1.

Hlavnými časťami senzora sú optické komponenty, motor, dosky elektroniky a vonkajší kryt. Optickú sústavu tvoria zdroj svetla, lavínová fotodióda (Avalanche photodiode – APD), dve naklonené zrkadlá a šošovka. Zdrojom svetla je infračervený laser kategórie I s vlnovou dĺžkou 785 nm, ktorý je amplitúdovo modulovaný frekvenciami 46,55 MHz a 53,2 MHz. Vertikálny lúč zo zdroja sa konvertuje do horizontálnej ro-

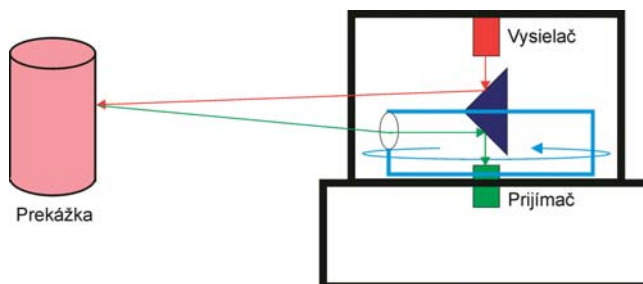


Obr.1 Laserový senzor URG-04LX



Obr.2 Štruktúra senzora URG-04LX

viny pomocou nakloneného zrkadla, prijímaný horizontálny lúč sa odráža od prekážky, prechádza cez šošovku, na druhom naklonenom zrkadle sa konvertuje do vertikálnej roviny a dopadá na lavínovú fotodiódu. Senzor je vybavený extrémne tichým bezkefkovým vretenovým motorom, ktorý otáča naklonené zrkadielko a šošovku. Motor senzora sa otáča rýchlosťou 600 otáčok za minútu, teda jeden merací cyklus okolitého prostredia trvá 100 ms. Optický enkodér umiestnený pod rotujúcimi časťami zabezpečuje informáciu o okamžitej polohe vysielaného lúča a na základe fázového rozdielu medzi vyslaným a prijatým lúčom sa v bloku elektroniky vykonáva výpočet vzdialenosti a polohy okolitých predmetov (obr. 3).



Obr.3 Princíp merania senzora URG



Merateľná vzdialenosť	0,02 až 4 m
Presnosť	0,02 až 1 m ± 10 mm 1 až 4 m ± 1 % meranej vzdialenosti
Rozlišovacia schopnosť	1 mm
Rozsah merania v rovine	240 °
Uhlová rozlišovacia schopnosť	~0,36 ° (360 °/1024)
Trvanie jedného merania	100 ms
Hmotnosť	~160 g
Rozmery	50 × 50 × 70 mm
Napájanie	5 V DC, 500 mA

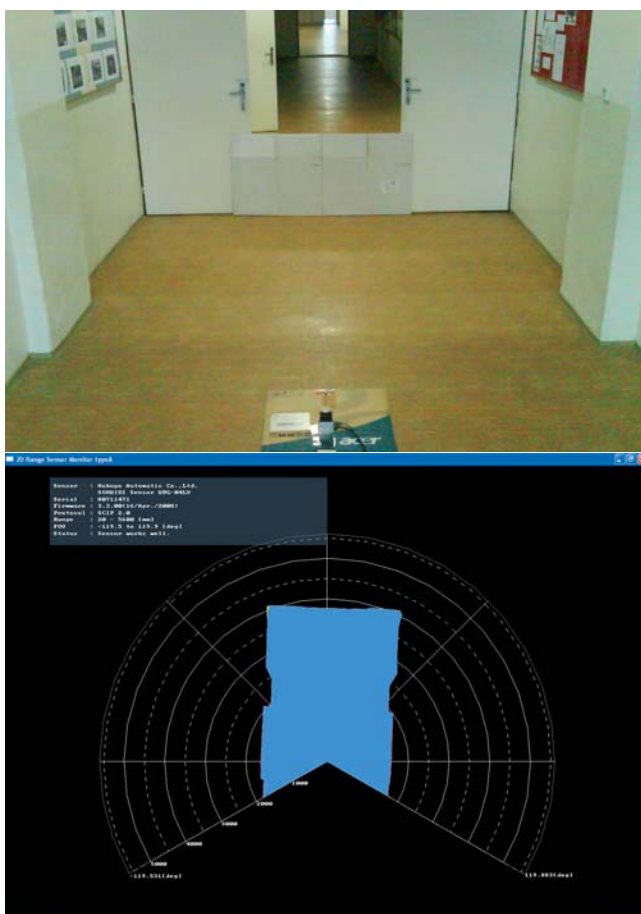
Tab.1 Špecifikácia senzora URG – 04LX

Blok elektroniky obsahuje aj obvody riadenia motora a obvody komunikácie. Senzor URG-04LX podporuje komunikáciu s počítačom pomocou zbernice RS-232C a USB 2.0. Konštruktéri senzora vytvorili aj systém príkazov nazvaný SCIP (Scanning Sensor Command Interface Protocol) [1], primárne určený na komunikáciu nadradeného počítača a senzora v mobilných aplikáciách. V rámci tohto komunikačného protokolu dochádza k programovému nastaveniu laserového senzora. Týmto spôsobom možno získavať rôzne druhy informácií, napr. dáta o vzdialenosti v rámci celého meracieho rozsahu, nastaviť špecifický výrez meracieho rozsahu, rozlíšenie na jedno meranie alebo definovať počet meraní a pod.

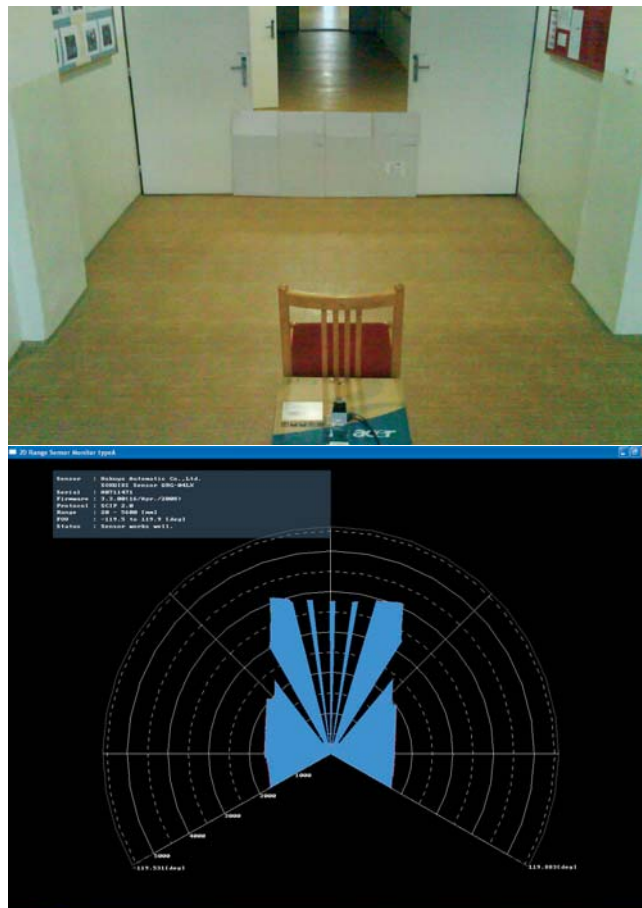
### Experimentálne meranie

Cieľom úvodného experimentu bolo overiť základné vlastnosti senzora URG-04LX v reálnych podmienkach vo vnútorných priestoroch. Zvolilo sa reálne prostredie s prekážkami. Na vizualizáciu meraných dát sa použil výrobcom dodávaný softvér Visualizer for URG-X Series ver. 2008/04/16.

Na obr. 4 je nasnímaný priestor bez prekážok a grafická interpretácia nameraných dát. Namerané dáta sú dostatočné na znázornenie tvaru celého meraného priestoru.

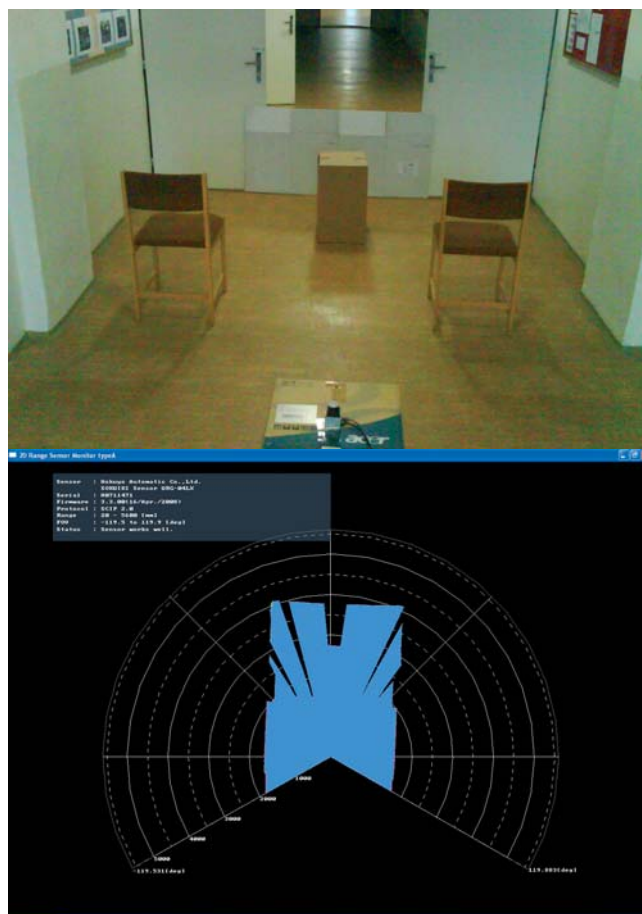


Obr.4 Priestor bez prekážok



Obr.5 Priestor s jednou zložitou prekážkou

Na obr. 5 je pohľad na priestor s jednou tvarovo zložitou prekážkou a grafická interpretácia meraných dát z tohto priestoru; vidno, že namerané dáta majú dostatočné uhlové rozlíšenie na znázornenie jednot-



Obr.6 Priestor s viacerými prekážkami



livých častí prekážky napriek tomu, že šírky a vzájomné vzdialenosti štyroch častí v strede prekážky sú len 2 cm.

Na obr. 6 je pohľad na priestor s viacerými prekážkami a grafická interpretácia nameraných dát z tohto priestoru; vidno, že namerané dáta majú dostatočné rozlíšenie na znázornenie a identifikáciu jednotlivých prekážok.

## Záver

Úvodné experimenty potvrdzujú vhodnosť a perspektívnosť ďalšieho využitia LADAR senzora URG 04LX od firmy Hokuyo Automatic Co., Ltd. [3] v rámci aplikácií na navigáciu a mapovanie vo vnútorných priestoroch. Tento senzor sa použije pri realizácii robotickej platformy na testovanie algoritmov lokalizácie a mapovania priestoru.

Článok vznikol s podporou projektu „Robotický systém na navigáciu a mapovanie vo vnútorných priestoroch“ ŠPP 852\_08-RO02\_RU21-240.

## Literatúra

[1] H. KAWATA, W. SANTOSH, T. MORI, A. OHYA, S. YUTA, „Development of ultra-small lightweight optical range sensor system“, Pro-

ceedings IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2005), Edmonton, pp 3277-3282 (2005).

[2] W. C. STONE, M. JUBERTS, N. DAGALAKIS, J. STONE, J. GORMAN, „Performance Analysis of Next-Generation LADAR for Manufacturing, Construction, and Mobility“, NISTIR 7117, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, (2004-5)

[3] Hokuyo Automatic Co., Ltd.: <http://www.hokuyo-aut.jp>

**Ing. František Kmec, PhD.**

**Ing. Václav Králík, PhD.**

**Ing. Miloš Soták, PhD.**

**Akadémia ozbrojených síl gen. M. R. Štefánika  
Demänová 393**

**03101 Liptovský Mikuláš**

**e-mail: milos.sotak@gmail.com**

**vaclav.kralik@gmail.com**

**frantisek.kmec@gmail.com**

43