

MODULÁRNÍ MANIPULÁTOR ILJA PRO VIZUÁLNÍ INSPEKCI

VISUAL INSPECTION MODULAR MANIPULATOR ILJA

Jindřich Jansa a Jiří Kanta

Centrum výzkumu Řež s.r.o.

Abstrakt

Je představena nová modulární platforma mobilního robotického manipulátoru vyvinutá Centrem výzkumu Řež. Manipulátor je určen pro provádění vizuálních inspekcí těžce přístupných nebo nebezpečných prostorů. Nabízí průzkum podzemních šachet a kanálů, závalů a trosk; v průmyslu dále nepřímou vizuální prohlídku kovových konstrukcí typu potrubí technické vody důležité v elektrárnách a vypuštěných kalových nádržích na indikace typu koroze, opotřebení, vruby a cizí tělesa. Všechny tyto činnosti, obvykle vyžadující celou sadu podobných přístrojů, je možné jedním manipulátorem provádět díky modulární koncepci. V základní konfiguraci jde o pásové vozidlo vybavené kamerou, jejíž obraz je přenášen v reálném čase. Podvozek je měnitelný, aby bylo možné zajistit pohyb po různých površích (pásky přizpůsobené pro hladké i sypké terény, magnetický podvozek). Základní jednotka obsahující kameru, motory pohonu a řídicí elektroniku je dále vybavena rozhraním pro připojení dalšího volitelného příslušenství a tím přizpůsobení stroje k rozličným úkonům i nad rámec vizuální inspekce. Šasi manipulátoru je voděodolné a pevné pro operace v nehostinném prostředí.

Abstract

A new modular mobile robotic manipulator platform developed by the Research Centre Rez is introduced. The device is intended for visual inspection of hardly accessible and possibly dangerous areas. It offers exploration of underground shafts, ducts, cave-ins and ruins; for industry also indirect visual inspection of metal constructions such as essentials service ware pipes in power plants and empty sludge tanks for these types of indications: corrosion, wear, dents and foreign bodies. Those assessments, usually utilizing a whole set of similar devices, are available owing to the modular approach to the design. In the basic setup it is a belt crawler equipped by video camera with real time video streaming. The undercarriage is interchangeable for the sake of providing movement on various surfaces (different crawler belts optimized for glassy and for loose terrain and magnetic wheels). The main unit consisting of motors, controlling electronics and video camera is also equipped with interfaces for attaching optional accessories, thus customizing the unit to various tasks beyond the visual inspection. The frame of the manipulator is water resistant and sturdy to operate in unfriendly environment.

Motivace a prostředí

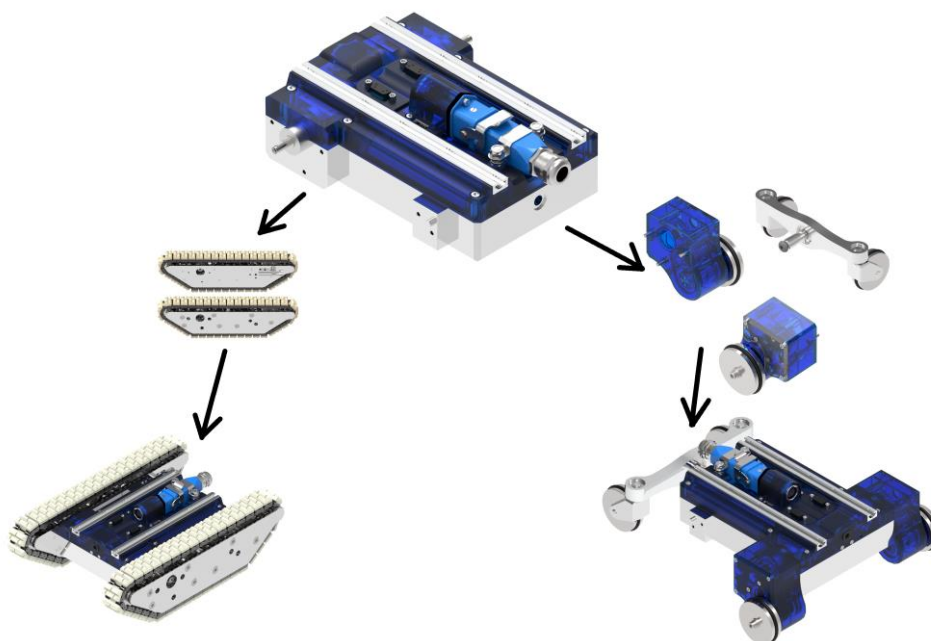
Původním impulsem k vývoji byl požadavek archeologa Muzea v Karlových Varech na zařízení, kterým by bylo možné provádět průzkum obtížně přístupných podzemních prostorů. Kvůli obtížnému přístupu totiž tyto zajímavé archeologické situace unikají dalšímu zkoumání. K řešení tohoto úkolu bývají často využívány prostředky zemní radar a gravimetrické metody. Tyto způsoby jsou však náročné časově i finančně ale zejména poskytují jen velmi omezené výstupy ve srovnání s vizuálním průzkumem. Použití, byť jednoduchého, robotického průzkumníka se tak jeví jako rozumné řešení, které umožní získat dostatečné množství dat.

Výše uvedený požadavek lze realizovat malým vozidlem s připojenou kamerou. Ve své podstatě jde o endoskop s vlastním pohonem. Pro co nejlepší vstup šachtami je vhodný pásový podvozek a konstrukce vozidla by měla být co nejodolnější z důvodu možného pádu nebo i zavalení a alespoň do jisté míry voděodolná. Vzhledem k operaci v úzkých podzemních prostorech s nedefinovaným tvarem i materiály, případně možnými zdroji rušení, je preferováno ovládání po kabelu před bezdrátovým.

V dané době takovým manipulátorem naše organizace nedisponovala a došlo k rozhodnutí naše portfolio v této oblasti rozšířit. Vývoj nebo investice do jednoúčelového nástroje se nejevila dostatečně opodstatněná, a tak byla upřednostněna stavebnicová koncepce, kterou by bylo možné používat jako základ pro řešení i dalších úloh s předpokladem, že tento přístup později urychlí a zlevní vývoj podobných zařízení díky tomu, že základní funkční bloky již budou hotové a snadno konfigurovatelné. Na trhu je k sehnání velké množství robotických manipulátorů určených k inspekci včetně zařízení určených konkrétně k průzkumu šachet a potrubí [1], [2], [3], [4] a [5]. Tyto stroje jsou konstruovány velmi odolně a obecně dosahují velmi obdivuhodných vlastností. Avšak v době započetí prací nebyl dostupný žádný, který by byl zároveň malý, odolný a přizpůsobitelný různým úkonům. Vždy byly splněny nejvýše dva z těchto požadavků, ačkoliv v době přípravy tohoto příspěvku je již k dostání velmi komplexní systém malých modulárních manipulátorů pro inspekci a drobné úkony: Multi-Mission Modular (IM3™) [6], tedy zařízení přímo konkurující našemu.

Modularita systému

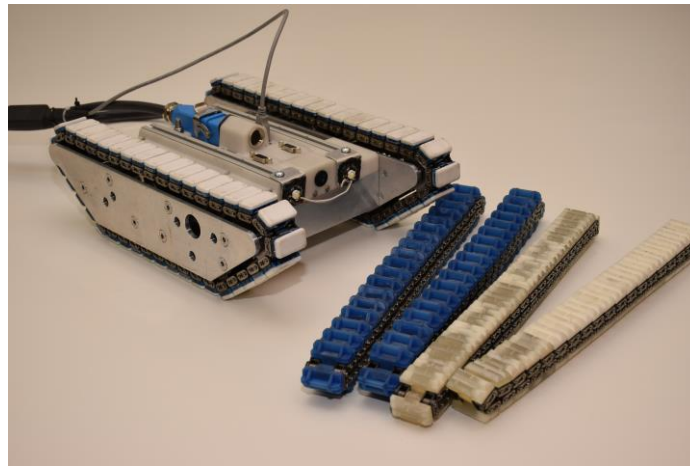
V základní konfiguraci je Ilja pásové vozidlo o vnějších rozměrech 350x250x105 mm se světlou výškou 30 mm vybavené kamerou (obr. 1 vlevo dole a obr. 2). Takto může vykonávat své původní zaměření: prozkoumávat kanály, šachty a jiné úzké prostory nepřístupné lidským pracovníkům. Podvozek je možné osadit různými typy pásů. Kromě základního typu pro pohyb po suti jsou k dispozici pásy s měkkými články pro hladký povrch a pásy s výraznějším profilem článku pro pohyb po sypkém povrchu (všechny dostupné typy pásů jsou na obr. 2). Kromě archeologických subjektů lze potenciálně využítí nalézt například u složek záchranných sborů při průzkumu závalů a trosk. Lze také prohlížet zařízení, které je sice fyzicky přístupné, ale pro lidského pracovníka není bezpečné se k němu přibližovat.



Obr. 1: Modularita podvozku

Na obr. 1 jsou znázorněny dva dosud vyvinuté podvozkové moduly: Pásový podvozek a podvozek s magnetickými kolečky. S magnetickým podvozkem (obr. 1 vpravo dole) jsou rozměry manipulátoru 320x280x105 mm. Kolečka jsou zhotovena se silnými neodymovými magnety a mohou být dovybavena pryžovým běhounem. Poháněna jsou pouze přední kolečka

a zadní jsou uložena s volným pohybem ve třech osách. Tento pohybový modul rozšiřuje možnosti inspekce manipulátorem o pohyb po feromagnetických površích. S ním je možný vizuální průzkum kotlů, nádrží nebo vnější stěny potrubí.

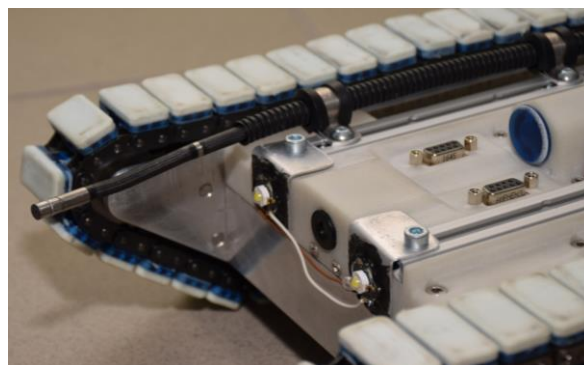


Obr. 2: Prototyp se zatím dostupnými typy pásů

V horní části obr. 2 je znázorněna základní jednotka platformy bez připojeného podvozku. Je zde vidět upínací systém, který sestává ze sesazovacího kolíku, vyvedené hřídele převodovky pohonu a slepých otvorů se závity pro přišroubování podvozkových modulů. Pro případ kolového podvozku je na zadní stěně manipulátoru navíc otvor s ložiskem pro osu vahadla s volnými kolečky.

Základním příslušenstvím připojitelným k manipulátoru je širokoúhlá kamera (s rozlišením 5 Mpx při 15 fps a samočinným zaostřováním od 10 cm) pro vizuální prohlídku. Jelikož je využívána i k samotnému navádění dálkově ovládaného robota a bude tedy připojena vždy, je zabudována přímo v hlavní jednotce. Po obou stranách kamery jsou umístěny výkonné LED s nastavitelným jasem pro přisvětlení snímané scény.

Pro připojení dalších modulů je víko hlavní jednotky vybaveno profilovanými lištami pro mechanické upevnění a sadou signálových a napájecích konektorů. Konektorová výbava je velmi univerzální. Vyvedeny jsou napětově stabilizované napájecí větve 5 V a 3,3 V; sběrnice USB, SPI a I2C a tři kanály analogově-číslicového převodníku. Konektivita je přístupná pro připojení vnějšího příslušenství, i pro zařízení uvnitř těla hlavní jednotky.



Obr. 3: Ilja vezoucí endoskop

Prvním hotovým volitelným příslušenstvím je jednoduché upínací zařízení pro stereoskopický endoskop Mentor Visual iQ [7] pro podrobnější inspekci do vzdálenosti 6 m od operátorského stanoviště (viz obr. 3).

Konstrukce

Hlavní jednotka obsahuje kromě výše zmíněné kamery řídicí počítač, napěťové regulátory, řízení motorů a samotné motory s převodovkami. Motory jsou dva pro nezávislý pohon levé i pravé poloviny podvozku. Skříň základní jednotky a moduly magnetického podvozku jsou zapouzdřeny na krytí dle IP54. Dno šasi je frézováno z duralu a slouží zároveň pro odvod tepla výkonových elektronických prvků. Víko je vzhledem ke své složitosti vyrobeno pomocí 3D tiskárny z plastu s příměsí skelných částic a kovové jsou pouze některé jeho konstrukční prvky. Stejnou technologií jsou také vyrobena pouzdra převodů magnetických koleček a články pásů. Články se zvýšenou přilnavostí k hladkým povrchům jsou kompozitní. S operátorským stanovištěm, které je tvořeno osobním počítačem a olověným akumulátorem pro napájení hlavní jednotky, je Ilja spojen 25m kabelem. Přípojný kabel je vyztužený a připravený posloužit i jako záchranné lano pro případ poruchy manipulátoru.

Další vývoj

V současnosti je ve vývoji rozšiřující modul měření základních environmentálních veličin, čidlo náklonu pro zlepšení prostorové orientace a robotické raménko se šesti stupni volnosti pro manipulaci s menšími předměty uvnitř prozkoumávané oblasti. Již také započaly práce na tvorbě raménka pro nesení defektoskopické sondy. Ilja potom bude moci vizuální inspekci doplnit o hledání trhlin v matriálu.

Zároveň probíhá příprava vylepšené verze základní jednotky, která bude opravovat některé nedostatky stávající verze. Při zachování konektivity s již hotovými podvozkovými moduly a příslušenstvím je hlavním cílem plně vodotěsná konstrukce pro inspekce pod vodní hladinou a prodloužený dosah ovládacího a napájecího kabelu.

Poděkování

Prototyp manipulátoru Ilja byl vytvořen s finanční podporou Technologické agentury ČR.

Literatura

- [1] *Scorpion2 and Swift* [online]. Eddyfi: ©2019 [cit. 14. 8. 2019]. Available on: <https://www.silverwingndt.com/scorpion2/>
- [2] *Identify problem pipeline areas more easily through a robotic crawler* [online]. Pure Technologies: ©2019 [cit. 14. 8. 2019]. Available on: <https://puretechltd.com/technology/purerobotics-pipeline-inspection-system>
- [3] *BIKE platform* [online]. GE Inspection Robotics: ©2019 [cit. 14. 8. 2019]. Available on: <https://inspection-robotics.com/bike-platform>
- [4] *Venrobot* [online]. Wicron [cit. 14. 8. 2019]. Available on: <https://wicron.com/en/projects/venrobot>
- [5] *Pipe Crawler STORMER S3000* [online]. Medit Inc.: ©2017 [cit. 14. 8. 2019]. Available on: <https://www.fiberscope.net/pipe-crawler-robot-stormer.html>
- [6] *OnSite Standard Products* [online]. Inuktun Services Ltd: ©2018 [cit. 14. 8. 2019]. Available on: <http://inuktun.com/en/products/onsite-standard-products>
- [7] *Mentor Visual iQ Videoprobe™* [online]. General Electric: ©2019 [cit. 14. 8. 2019]. Available on: <https://www.industrial.ai/inspection-technologies/remote-visual-inspection/video-borescopes/mentor-visual-iq-video-borescope>