

HYBRID ARCHITECTURES OF MOBILE ROBOTS

M. Vyšín *

Summary: Hybrid robots for use in the environment hardly accesible or dangerous for humans are developed currently. Mainly inspection and repair robots are in the centre of interest. They are designated for searching buildings, where they are looking for the dangerous substances, objects and persons. According to the type of robot, they can eventually repair defects in places hardly accesible by humans. The hybrid robot consists of several different lokomotive apparatus. Two types of lokomotive mechanisms are usually combined, for example wheel – leg, belt – wheel. Using more kinds of lokomotive mechanisms we can utilize the advantages of particular types and minimize (eventually eliminate) their disadvantages. We can reach high operating velocity and considerable maneuverability in heterogenous landscape due to the appropriate combination of lokomotive mechanisms.

1. Úvod

V současné době jsou vyvíjeny hybridní roboty především pro provoz v prostředí člověku těžko přístupném nebo zdraví (životu) nebezpečném. Jedná se převážně o roboty inspekční a opravárenské, které prohledávají budovy a jejich okolí, kde hledají nebezpečné látky, předměty a osoby. Podle druhu vezené nadstavby mohou popřípadě opravovat poruchy v místech, kam se člověk obtížně dostane. Hybridní robot, jak již napovídá název, je složen z více různých pohybových ústrojí. Většinou jsou kombinovány dva druhy pohybových ústrojí, např. kolo – noha, pás – kolo. Použitím více pohybových ústrojí můžeme využít výhod jednotlivých typů a snížit (popř. odstranit) jejich nevýhody. Vhodnou kombinací lokomočních ústrojí můžeme dosáhnout velké rychlosti pohybu a značné manévrovatelnosti v různorodém terénu.

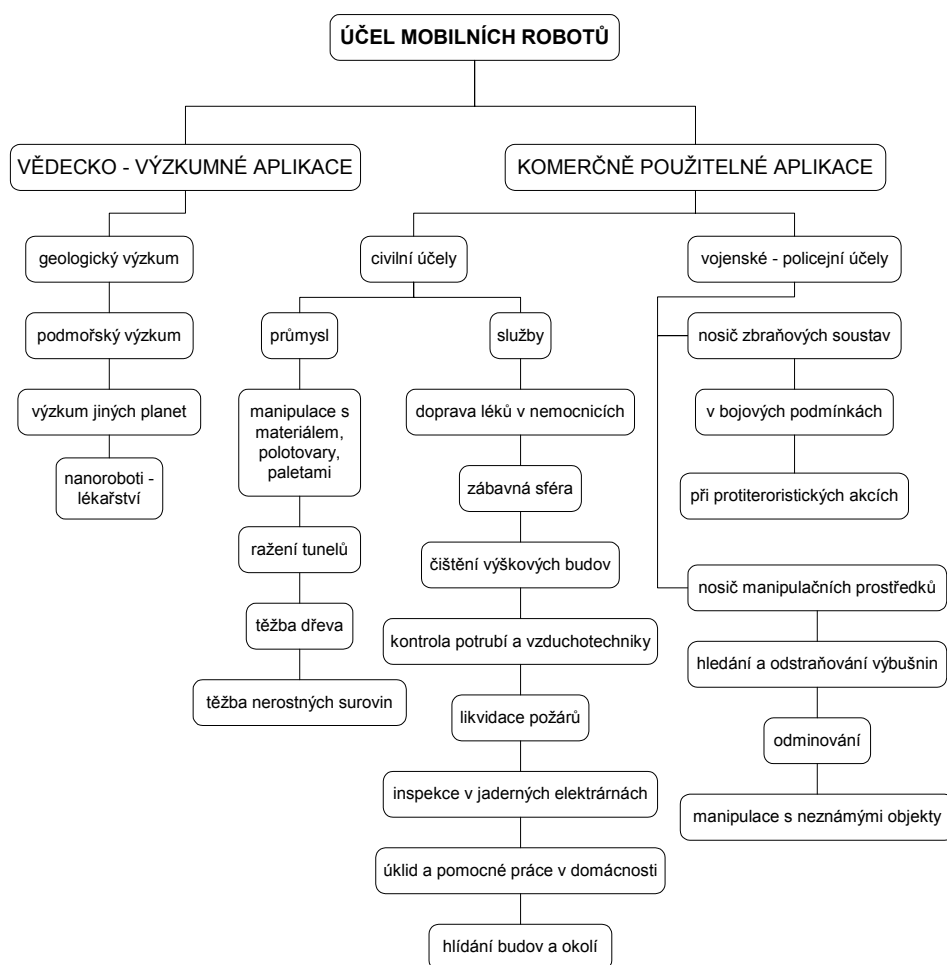
2. Předpoklady pro návrh mobilních robotů

Užitná sféra mobilních robotů (MR) se v poslední době rozšířila o další možnosti nasazení. Je charakteristické, že se jedná především o nasazení mobilních robotů při vojenských a policejních akcích, kde tyto roboty prohledávají budovy, odstraňují výbušniny a zjišťují výskyt nebezpečných předmětů či osob. Další nově se rozvíjející kategorií robotů jsou tzv. servisní roboty. Těmto robotům je odborníky předpovídána budoucnost srovnatelná s dnešním významem automobilového průmyslu. Různorodá prostředí, ve kterých mají být MR použity dávají vzniknout celému spektru různých konstrukcí, počínaje jednoduchými pásovými podvozky a konče složitými hybridními konstrukcemi. MR je elektromechanické zařízení,

* Ing. Martin Vyšín, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, Technická 2896/2, 616 69 Brno, tel: 541 143 419, email: vysinm@centrum.cz

tzn. není tvořen pouze mechanickou částí. Bez dokonalého řízení (ovládání) je jeho použití velmi omezené. Stupeň inteligence je odvozen od řešené úlohy, kterou má robot provádět.

Pro vývoj nového robotu jsou prvotními požadavky prostředí, ve kterém se bude pohybovat, a aplikace na kterou bude používán. Podle těchto kritérií můžeme roboty rozdělit na roboty pro vnitřní (indoor) prostředí a venkovní (outdoor) prostředí. Rozdíl bude hlavně v robustnosti konstrukce, dimenzování pohonů a způsobu navigace. Aplikace na kterou bude robot použit ovlivňuje především akční nadstavby a senzorické osazení. Vybavení robotu manipulačním ramenem je typické pro aplikace ve kterých se manipuluje s nebezpečnými předměty. Pro zjišťování výskytu nebezpečných látek, kdy je vhodné aby se robot pohyboval rychle, není velké zatěžování robotu nadstavbami přípustné a postačí osadit robot sadou senzorů. Různorodost možných aplikací je velmi velká. Zde jsou vypsány některé aplikace, ve kterých se MR používají.



Obr.1: Rozdělení MR podle účelu použití

3. Hybridní konstrukce mobilních robotů

Hybridní robot, jak již napovídá název, je složen z více různých typů pohybových – lokomočních ústrojí. Většinou jsou kombinovány dva druhy pohybových ústrojí. Kombinace může být závislá, tj. jedno pohybové ústrojí je napojeno na druhé (např. na konci nohy je

umístěno kolo), nebo může být kombinace nezávislá, tj. pohybové ústrojí nejsou vzájemně spojeny (např. robot je vybaven kolovým a současně pásovým podvozkem). Různé typy podvozků mají své výhody a nevýhody. Pásový podvozek má velkou stabilitu a nosnost, ale je pomalý. Kolový podvozek je rychlý, ale nemůže překonávat velké překážky. Kráčející mechanismus umožňuje zdolávat velmi členitý terén, ale jeho pohyb je pomalý a složitý. Vhodnou kombinací můžeme docílit výborných manévrovacích schopností, dobré průjezdnosti terénem a zároveň zachování velké rychlosti.

4. Možná řešení hybridních podvozků

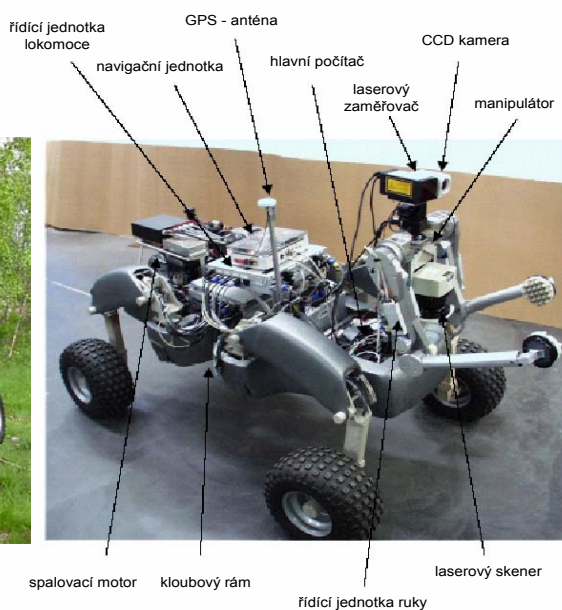
Hybridní roboty zaujímají v současné době co do počtu pouze malou část v oblasti mobilních robotů, především z důvodu jejich velké konstrukční složitosti, náročného řízení pohonů lokomoce a vysoké ceny. Tyto nevýhody jsou vynahrazovány jejich výbornými manévrovacími vlastnostmi, které vycházejí z konstrukce HR.

4.1. Hybridní roboty současnosti

Hybridní robot WorkPartner byl navržen a vyroben na University of Technology Helsinky. WorkPartner je servisní robot určený pro společnou práci s lidmi. Robot je tvořen kloubovým rámem, čtyřmi nohama s koly umístěnými na konci nohou a manipulátorem.



Obr.2: WorkPartner



Obr.3: Popis robotu

Kloubový rám je možno pomocí lineárního pohonu natáčet kolem svislé osy. Všechny čtyři nohy jsou totožné, mají 3 stupně volnosti (DOF degree of freedom) a jsou pouze zrcadlově obrácené. Pohon každého kola je umístěn v jeho bubnu. Pohybovat lze pouze koly, pouze nohama nebo koly a nohama současně. Toto uspořádání dovoluje robotu velkou prostupnost terénem se zachováním vysoké rychlosti pohybu. Robot je vybaven benzínovým generátorem

elektrické energie s výkonem 1 kW a čtyřmi akumulátory pro dlouhý provoz bez nabíjení (doplnění benzínu). Manipulátor, má dvě paže pro uchopování předmětů. Tělo manipulátoru má 2 DOF, hlava se senzory má 2 DOF a každá paže má 5 DOF. Robot může manipulovat s předměty s maximální hmotností 10 kg a to do vzdálenosti jednoho metru od těla robotu. Řídicí systém je realizován jako distribuovaný systém založený na sběrnici CAN. Pro navigaci v okolí je robot vybaven CCD kamerou, laserovým zaměřovačem a laserovým skenerem. Robot může pracovat v automatickém režimu, tzn. pracuje podle předem naprogramovaných algoritmů, které může měnit podle podmětů přijímaných z okolí. Například dokáže přijímat příkazy od operátora a to hlasem nebo i posunky. Samozřejmostí je teleoperátorové řízení na dálku.

Mobilní robot ANDROS F6A je nejmenší robot z typové řady Remotec. Kloubově uložené dva pásy ve spojení se čtyřkolovým podvozkem umožňují robotu překonávat příkopy do šířky 60 cm, lézt po schodech apod. Hermetické uzavření robotu dovoluje operovat za jakýchkoliv povětrnostních podmínek na písku, šterku, blátě a trávě rychlostí 6 kmh⁻¹. Jedinečným rysem je jeho malá šíře, která mu dovolí pracovat ve velmi stísněných oblastech bez ztráty kterékoliv z jeho schopností. Andros je vybaven kloubovým manipulátorem s 5 DOF a chapadlem. Pomocí tohoto manipulátoru může operátor manipulovat s nebezpečnými předměty, vyhledávat výbušniny a různými zařízeními je zneškodňovat. Robot je osazen mnoha senzory a kamerovým systémem pro navigaci v prostředí. Operátor jej může řídit bezdrátově nebo pomocí optických kabelů.



Obr.4: ANDROS F6A

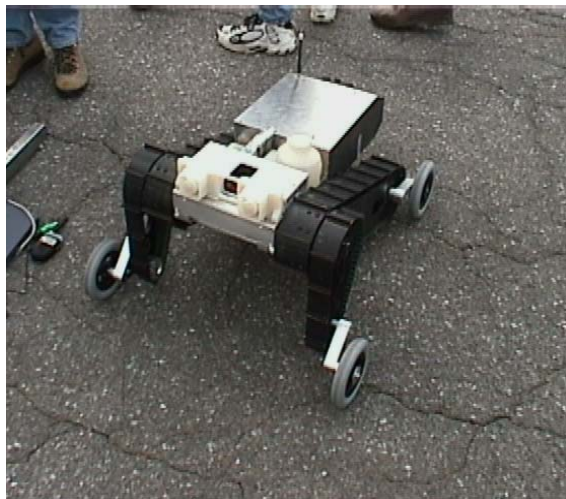


Obr.5: ANDROS při odstraňování střely

Hybridní variantu robotu Urbie, vyvinuli vědci v Jet Propulsion Laboratory. Robot je tvořen dvěma pásy, které je možno kolem přední osy natáčet o 360°. Také dovedou obrátit robot, pokud dojde k jeho převrácení. Toto uspořádání umožňuje najíždět na vysoké překážky a přizpůsobit se členitému terénu. Na konci každého pásu jsou umístěna kola. Robot se může po rovné podložce pohybovat pomocí kol větší rychlostí a při jízdě v terénu překonává překážky nebo schody pomocí pásového podvozku. Základní varianta robotu je určena pro vojenský průzkum v městském terénu, ale mnoha rysy by mohla být užitečná i pro policisty nebo záchranářské práce (např. hledání osob v rozbořených budovách po zemětřesení). Urbie je osazen několika kamerami a mnoha senzory pro zjišťování stavu okolí (např. měření



Obr.6: HR URBIE

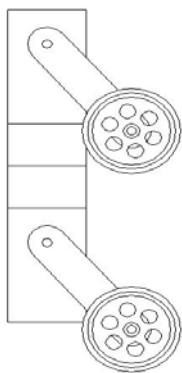


Obr.7: HR URBIE na kolech

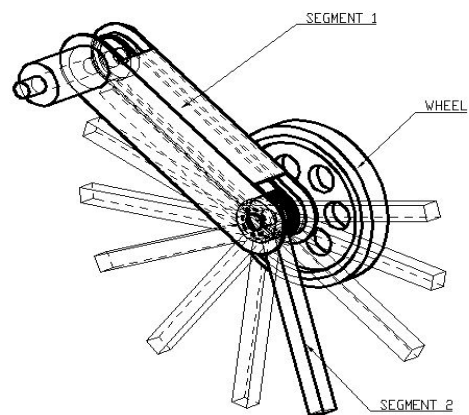
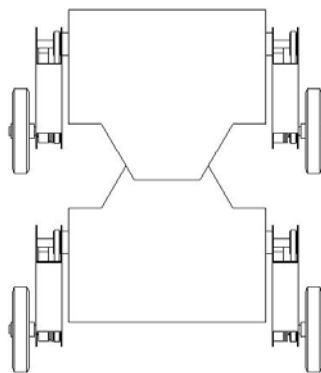
teploty, výšky radiace a chemického zamoření). Hmotnost robotu byla navržena tak, aby byl jeden člověk schopen přenést robot na místo jeho použití.

4.2. Další možné koncepce podvozků hybridních robotů

Hybridní mobilní robot pod pracovním názvem HYRO (hybrid robot), jehož využití se předpokládá při prohledávání budov a servisních kontrolách strojů a zařízení. Modulární koncepci jeho konstrukce lze rozdělit na několik samostatných částí: kloubový rám, nohy, pohon nohy, senzorický systém, elektronika, napájení.



Obr. 8: Návrh 1

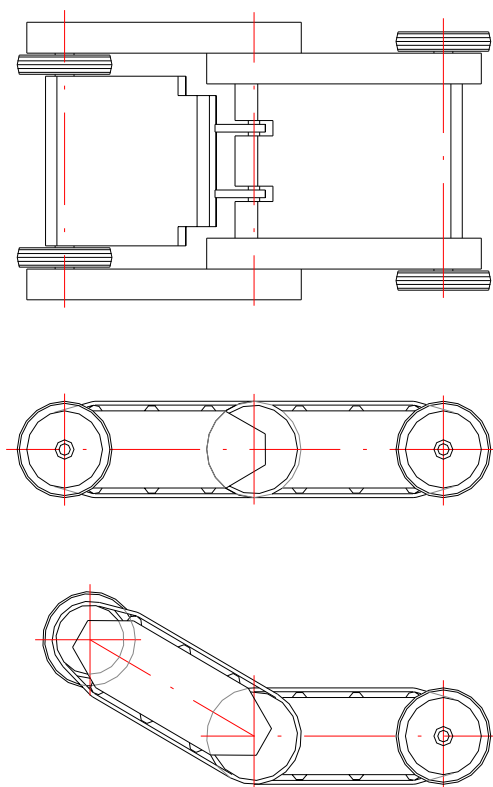


Obr. 9: Detail nohy

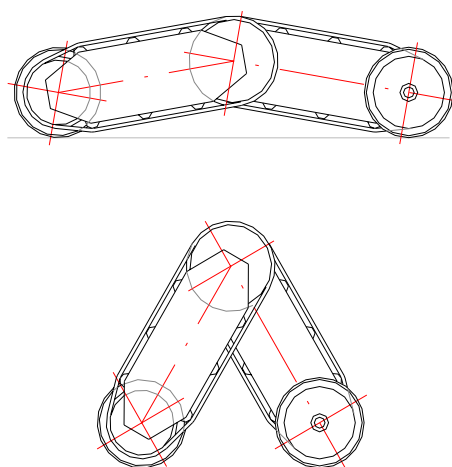
Noha HR se skládá ze dvou částí. První segment, na jehož konci je umístěno kolo, se může pootáčet v rozsahu 180°. Natáčením segmentu při jízdě měníme vzdálenost těžiště robotu od podložky. Druhý segment je otočně umístěn na konci prvního segmentu (osa kola a osa natáčení druhého segmentu jsou totožné). Při jízdě je poháněno kolo přímo přes řemenový

převod a při chůzi se sepne elektromagnetická spojka a propojí řemenici s druhým segmentem. Tento segment zastává při chůzi funkci došlapu (je v přímém kontaktu s podložkou) - viz obr. 8 a 9. Na robotu převažují konstrukční komponenty z Al slitin, čímž se výrazně sníží celková hmotnost robotu. Konstrukce robotu je řešena jako prototyp, vyráběná ze snadno dostupných komponentů a materiálů. Zvolené pohony se skládají z DC elektromotorů a šnekových převodovek. Pro laboratorní testování lokomočního ústrojí a mechanických částí i běžný provoz se předpokládá teleoperátorové řízení.

Předpokládané použití návrhu 2 typu pás-kolo je pro hlídání a prohledávání budov, jejich bezprostředního okolí. Konstrukce vychází ze dvou pásových podvozků, které jsou pohyblivě spojeny – viz obr. 10 a 11. Tyto pásové podvozky mají stejné rozměry. V prvním pásu je umístěna řídicí elektronika. V druhém pásu jsou umístěny hnací motory, akumulátory a stykače. Vzhledem k tomu, že zadní pás je o mnoho těžší než přední, zůstane vždy celou plochou na podložce a přední pás se může natáčet (zvedat) i během jízdy. Pásky výškově převyšují na obou stranách rám robotu. Z tohoto důvodu robot nerozlišuje svoji spodní a vrchní stranu. Při převrácení předá řídicímu systému jednoduché čidlo informaci o převrácení a ten již automaticky změní směr otáčení pásů a ozrcadlí obraz z kamer. Při jízdě po nerovnostech, např. schody, jsou tyto pásové podvozky zafixovány v jedné rovině a chovají se jako jeden pás. Pokud na tuto překážku robot najíždí, zvedne přední část a tím umožní snadný nájezd. Při jízdě po rovné a hladké podložce natočí robot oba pásy do takového úhlu, že se již pásy nedotýkají podložky a robot se pohybuje pouze po kolech. Tímto se sníží jízdní odpor a

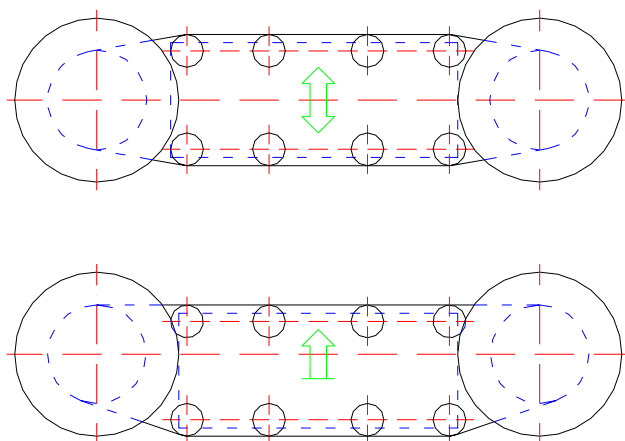


Obr. 10: Návrh 2



Obr. 11: Pohybové možnosti

motory spotřebovávají méně elektrické energie. Pohon pásů je realizován DC motory s integrovanou planetovou převodovkou a na ní přímo připojeným kuželovým převodem. Natáčení pásů zajišťuje DC motor s planetovou a šnekovou převodovkou pomocí řemenového převodu.



Obr. 12: Návrh 3.

Návrh 3. je zkonstruován s ohledem na co nejjednodušší konstrukci, velkou rychlost pohybu a velkou terénní průjezdnost. Základ podvozku tvoří čtyři kola. Každá strana robota je poháněna jedním motorem a na druhé kolo je převod realizován řemenovým převodem. Napínací kladky jsou upevněny na desce, která se může pohybovat ve vertikálním směru. Toto vychylování přesouvá pás a umožňuje jej dostat do styku s podložkou. Robot pak jede zároveň po kolech i pásech, čímž usnadňuje jízdu po schodech a jiných nerovnostech. Na obr. 12 je pouze schématické zobrazení, pro

ozřejmění principu funkčnosti. Pro vyrovnání rychlosti pásu a kol je nutné vybavit podvozek napínacími kladkami a změnit velikosti řemenic.

5. Závěr

Mobilní robot sloužící člověku k jeho ochraně nebo záchraně při přírodních katastrofách je vždy přínosem, jelikož lidské zdraví má nevyčíslitelnou hodnotu. Nedílnou součástí jejich použití je ochrana majetku, popřípadě zařízení a odstraňování vzniklých poruch. K těmto účelům bylo již ve světě vymyšleno mnoho různých robotů. Přesto je důležité vyvíjet další, technicky i elektronicky dokonalejší mobilní roboty. V podmínkách českých vysokých škol je obtížné konkurovat zahraničním univerzitám ve vývoji mobilních robotů, proto je nutné najít skulinku v aplikaci robotů, kterou se nikdo neubírá a vyplnit ji novými konstrukcemi. Další možností je navrhnout univerzální podvozek s velkou variabilitou a modularitou. Osazováním podvozku robotu různými nadstavbami a senzory lze takto měnit účel jeho použití. Univerzální podvozek snižuje také finanční náklady na vývoj dalších robotů, jelikož se konstruktér může zaměřit pouze na vývoj nadstavby a tu připevnit na již vymyšlený podvozek.

Nezanedbatelnou výhodou vývoje nových konstrukcí je rozšíření znalostí konstruktérů pracujících s novými technickými součástmi a programátorů vyvíjejících nové řídicí systémy s vyšší inteligencí. Začleněním moderních a technicky vyspělých technologií do výuky studentů vysokých škol mimi jiné vede ke zvyšování znalostí studentů a popularity konstrukčních oborů.

6. Literatura

Ylönen, S., Halme, A.: Mechatronics structure of the centaur like wheeled service robot, 2nd IFAC Conference on Mechatronic Systems, Berkeley, California, December 9 - 11 2002.