

Kráčajúce stroje



Kráčajúce stroje

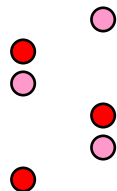


- ⌘ Zložitejšie riadenie než roboty na kolách, každá noha aspoň 2 stupne voľnosti (šesťnohý robot – 12 stupňov voľnosti)
- ⌘ tradičný geometrický prístup – model robota a odvodenie dráh nôh – zložité
- ⌘ robotika založená na správaní – chodenie emergentná vlastnosť – koordinácia viacerých modulov
- ⌘ zmenšenie zložitosti – využitie symetrií
- ⌘ Chôdza
 - ☒ **statická** – ťažisko stále nad polygónom bodov dotyku nôh s podkladom; jednoduchšia; hmyz
 - ☒ **dynamická** – ťažisko cyklicky vychádza von a vracia sa do tohoto polygónu; rýchlejšia chôdza, väčšie telo, vyššia hmotnosť tela, aj horší terén

Typy chôdze

⌘ Statická

⏏ trojkrok



⏏ štvorkrok (8-nohé), vlnový krok

⌘ Dynamická

⏏ krok (mimochoď)

⏏ klus

Jednoduchý model



⌘ Brooks (1989)

- ☒ ručne zostavený konečný automat, pre každú nohu rovnaký
- ☒ stav automatu závisí na jeho stave a na stave ostatných automatov

⌘ Maes, Brooks (1990)

- ☒ koordinácia nôh sa dá naučiť metódou pokusov a omylov
- ☒ Realizované na reálnom robotovi
- ☒ doplnenie
 - ☒ kolo vzadu – pozitívne hodnotenie pri posune dopredu
 - ☒ dotykový senzor odspodu – negatívne hodnotenie pri páde

Evolúcia simulovaného chrobáka

⌘ Beer, Gallagher (1992) – simulovaný šesťnohý chrobák; evolúcia môže nájsť robustný riadiaci systém chôdze s minimom dopredu zadaných parametrov

⌘ noha

⌘ dva stavy

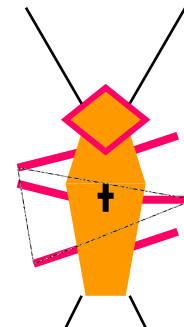
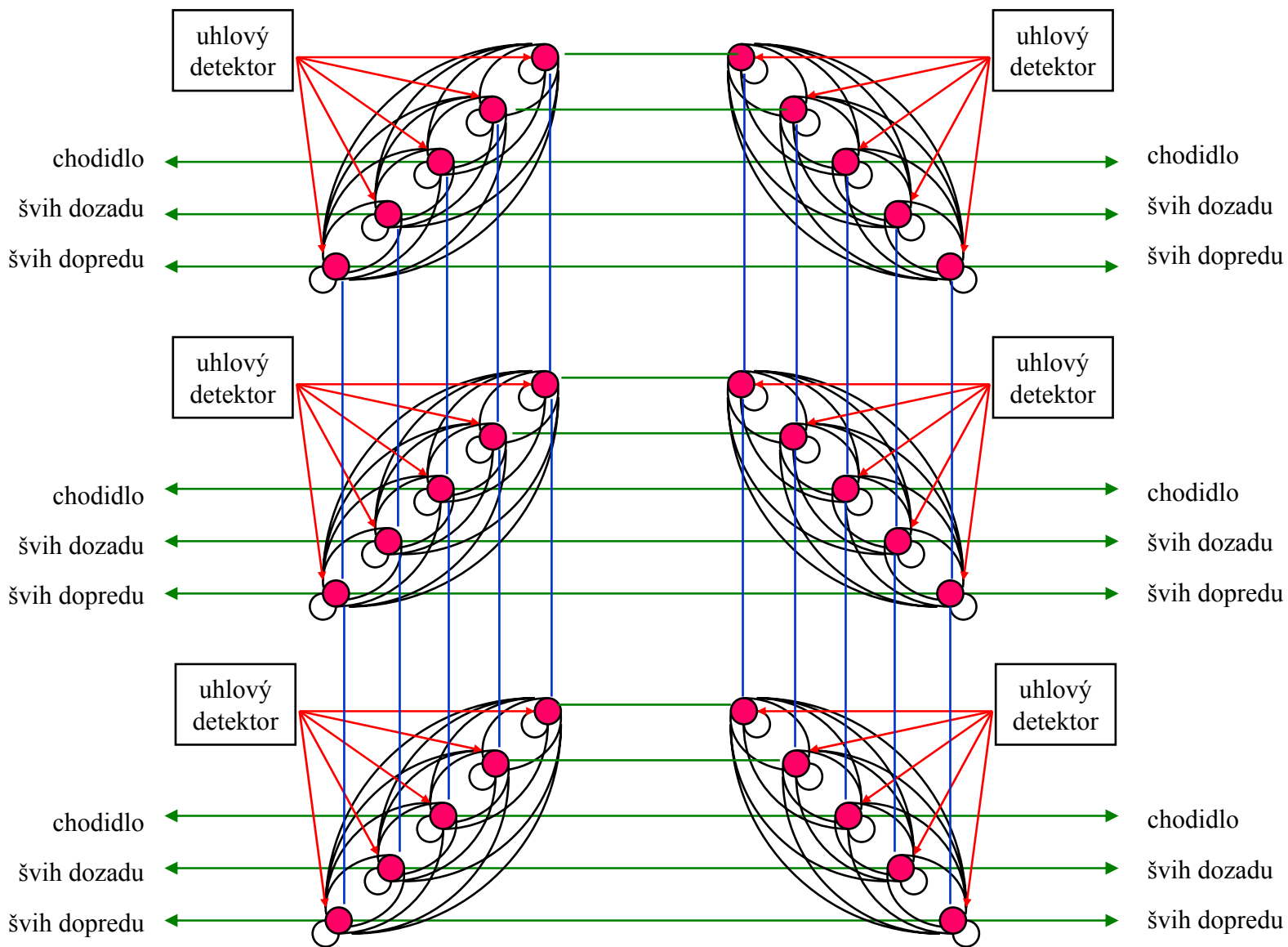
- stoj (na zemi)
- švih (zdvihnutá)

⌘ pohon nohy – stav (hore, dole), pootočenie dopredu, pootočenie dozadu

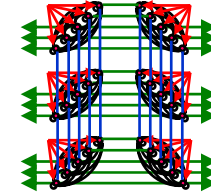
⌘ senzor – uhol medzi nohou a telom

⌘ 5 neurónov – pohon (3), skryté (2)

⌘ Newtonovská dynamika, keď stratí rovnováhu, tak padá



Beer, Gallagher



- ⏏ Riadiaci systém – 50 parametrov
 - ⏏ Riadenie nohy – 40 parametrov: 25 vzájomné spoje, 5 spoje z uhlového detektoru, 5 prahov, 5 časových konštánt
 - ⏏ priečne spoje (5) a pozdĺžne spoje (5) rovnaké pre všetky neuróny
- ⏏ populácia 500 jedincov po 200 bitoch; jednoduchý genetický algoritmus
- ⏏ ohodnotenie jedinca
 - ⏏ náhodná pozícia nôh a náhodné stavy neurónov
 - ⏏ vzdialenosť ujdená v pridelenom čase – 2 merania s/bez uhlového senzoru
- ⏏ výsledky – vždy sa vyvinul trojkrok; s uhlovými senzormi rýchlejšia chôdza; 4 fázy učenia
 1. Zatlačil všetkými 6 nohami a spadol dopredu
 2. Nekoordinované pohyby nôh s nejakým pohybom dopredu, časté pády
 3. Najlepší mali statickú stabilnú chôdzu
 4. Doladený statický krok

Najstarší evolučný robotický experiment

⌘ Lewis a kol. (1992) – NS riadiaca šesťnohého robota; každá noha s 2 stupňami voľnosti

- ☒ inkrementálna evolúcia a funkcionálna dekompozícia

 - ☒ evolúcia riadenia jednej nohy

 - ☒ koordinácia nôh

- ☒ robot 35 cm dlhý a 12 cm vysoký; bez senzorov

- ☒ populácia 10 jedincov; genotyp: váhy v greyovom kóde;

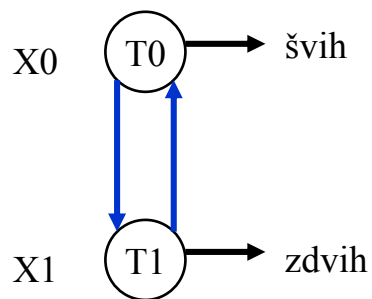
- ☒ jednoduchý genetický algoritmus s elitizmom (2)

- ☒ fitness: experimentátor

- ☒ 2 neuróny na jednu nohu – zdih, švih

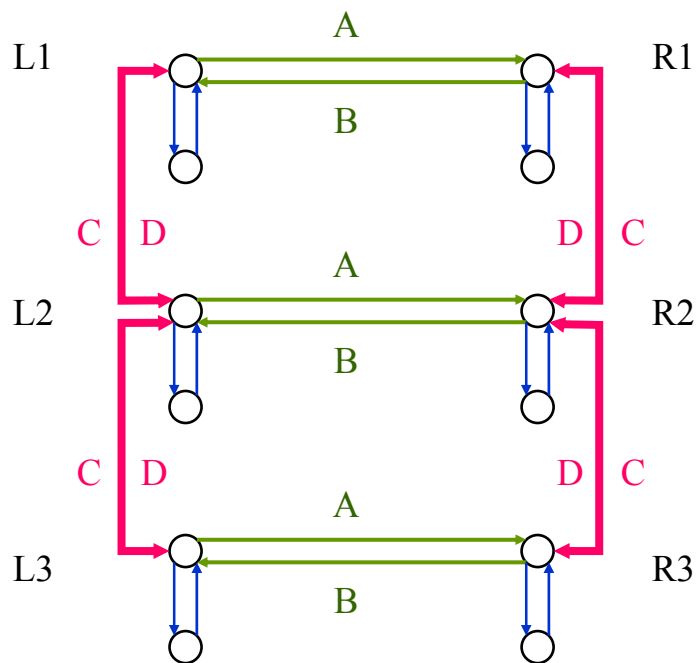
 - ☒ keď oscilovali s fázovým posunom 90° , tak noha robila kroky

riadenie
nohy



T0, T1 časové konštanty

prepojené
oscilátory



Lewis a kol. (1992) – evolúcia riadenia jednej nohy robota

⌘ 1. Fáza – evolúcia riadenia pre nohu

- ☒ genotyp: 2 váhy a 2 prahy = 4x8 bitové čísla v greyovom kóde
- ☒ náhodná inicializácia z intervalu $[-8, 8]$
- ☒ fitness: vizuálne z obrazovky počítača
 - ☒ ak sú oba neuróny v rovnakom stave – 0 bodov
 - ☒ ak jeden > 0 a druhý < 0 – 5 bodov
 - ☒ ak aspoň jeden neurón zmení stav – 10 bodov
 - ☒ ak sú oscilácie tlmené až do 0 – 25 bodov
 - ☒ ak sa oscilácie netlmia do 0, ale ich amplitúda nie je ešte 1 – 40 bodov
 - ☒ stabilné oscilácie v celom intervale $[0,1]$ – 60 bodov
 - ☒ keď aspoň polovica jedincov dosiahla max. skóre 60 bodov (po 17 generáciách) vývoj prechádza do 2. fázy

Lewis a kol. (1992) - evolúcia riadenia oscilátorov



⌘ 2. Fáza

- ☒ genotyp obsahuje parametre oscilátora pre nohu (z prvej fázy) a parametre spojov medzi oscilátormi (A,B,C,D – 4x8 bitov) inicializované na 0 + 1 bit predný/spätný švih

⌘ výsledky:

- ☒ po ďalších 10 – 35 generáciách stabilná chôdza
- ☒ najprv vlnenie, potom trojkrok

Novšie experimenty



- ⌘ Gomi, Ide (1998): 8-nohý robot bez senzorov
 - ☒ celý vývoj na fyzickom robote
 - ☒ najprv vlnitá chôdza, potom štvorkrok
- ⌘ Jakobi (1998) vyvíjal riadenie pre rovnakého robota, ale formou minimálnej simulácie; navyše bral do úvahy aj vstupy zo senzorov (infra a dotykové čidlá) – robot sa mal vyhýbať prekážkam
 - ☒ robustné riadenie sa vytvorilo po 3500 generáciách
 - ☒ v porovnaní s experimentami Gomiho a Ideho nebol riadiaci systém tak robustný (bol na hraniciach technických možností)
- ⌘ Grau (1994) – evolúcia architektúry – viz. minulá prednáška
- ⌘ Ijspeert (1998) – na základe modelu mihule (simulovaný model, ktorý vedel plávať) vyvinul (simulovaný) model salamandra, ktorý vedel plávať i chodiť (plaziť sa)

Novšie experimenty

⌘ Sony (1998) - robotický pes Aibo

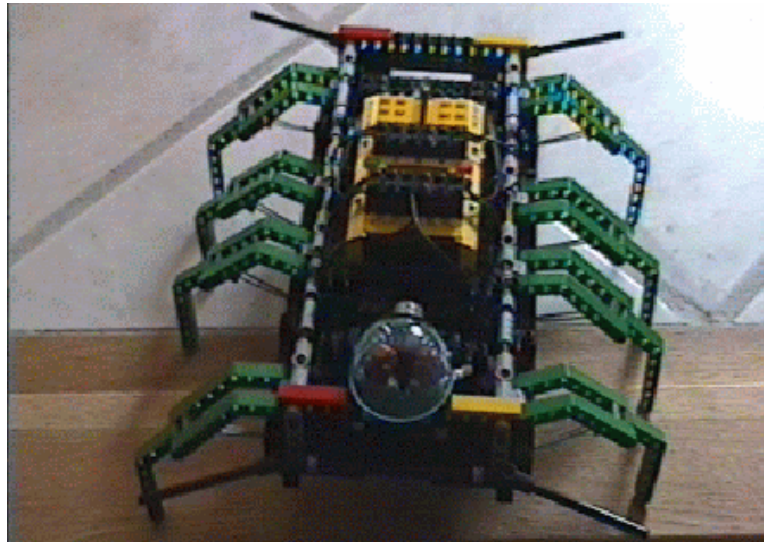
☒ ovláda viacej typov chôdze, hlavne dynamické



⌘ Honda (2000) - ASIMO (Advanced, Step in, Inovative, MObility)



Novšie experimenty



<http://schalburg.homepage.dk/Spider/Spider.html>

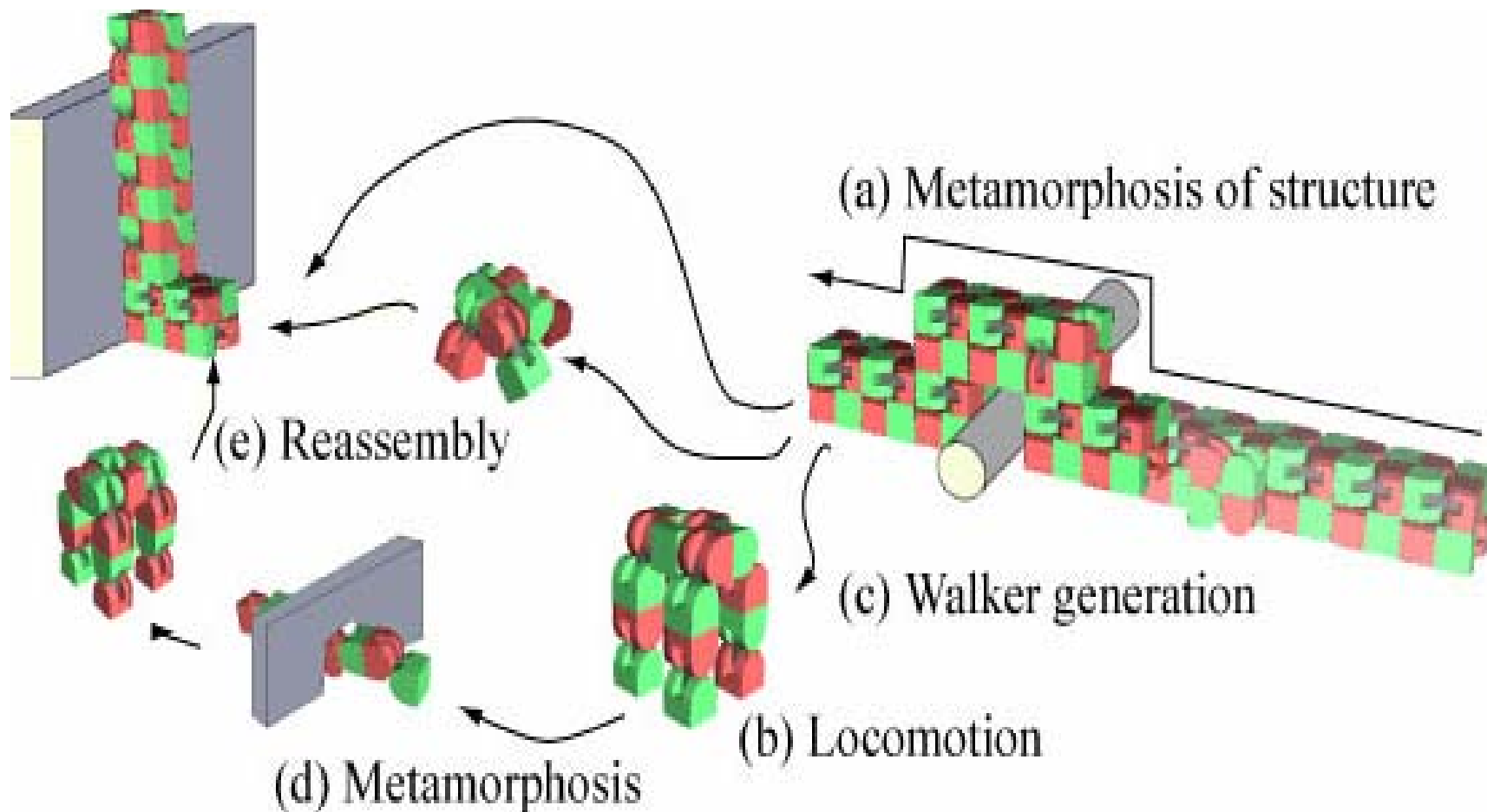
Modulárny robot M-TRAN II

Modular TRANSformer

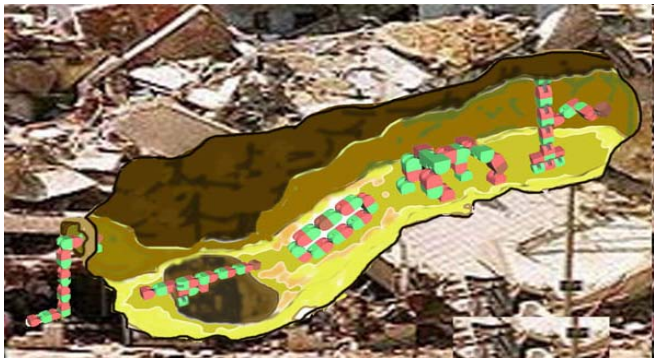


- ⌘ Yoshida, Murata, Kamimura, Tomita, Kurokawa, Kokaji
- ⌘ <http://unit.aist.go.jp/is/frrg/dsysd/mtran3/index.htm>
- ⌘ Modulárny robot vyvíjaný na Tokijskej Technickej univerzite od r. 1998
- ⌘ Samo-rekonfigurovateľný
 - ☒ 3-D štruktúra, ktorá môže meniť svoju konfiguráciu
 - ☒ 3-D štruktúra, ktorá môže generovať menšie roboty
 - ☒ Robot s veľkým počtom stupňov voľnosti, ktorý sa môže flexibilne hýbať
 - ☒ Robot, ktorý môže metamorfovať

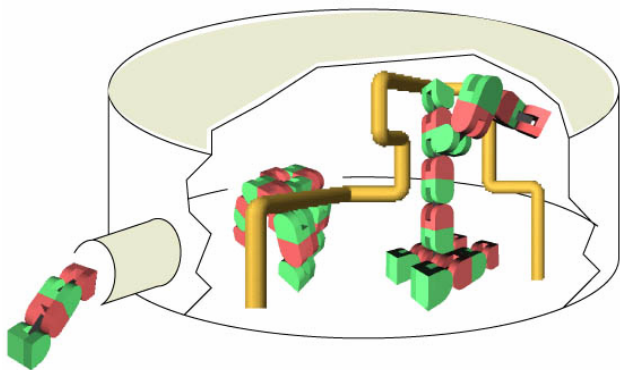
Rekonfigurovatel'nost'



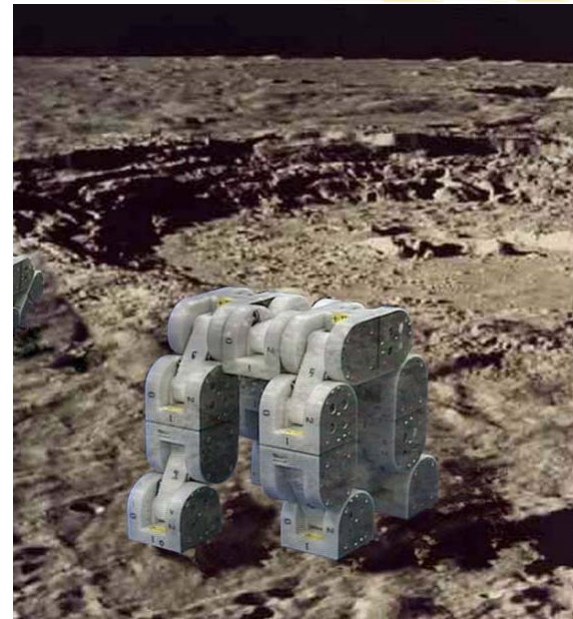
Využitie



Záchranárske činnosti



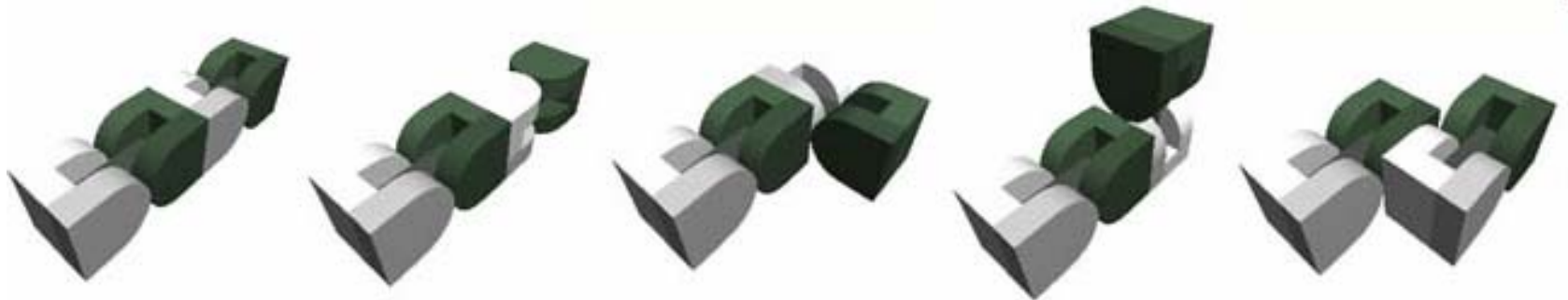
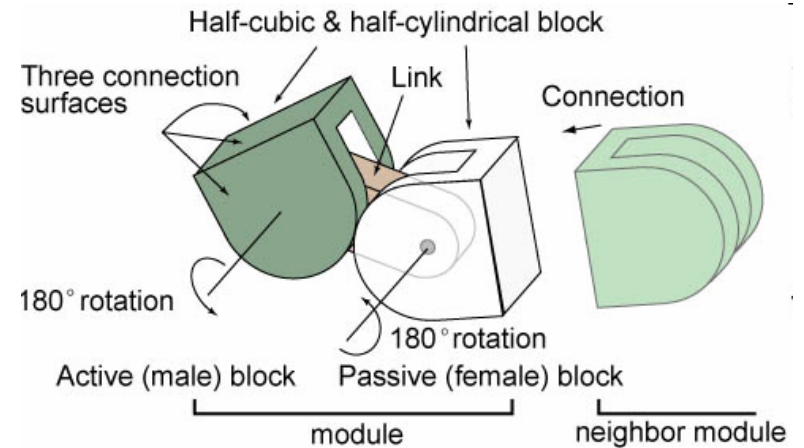
Kontrola v nedostupných/nebezpečných prostrediach



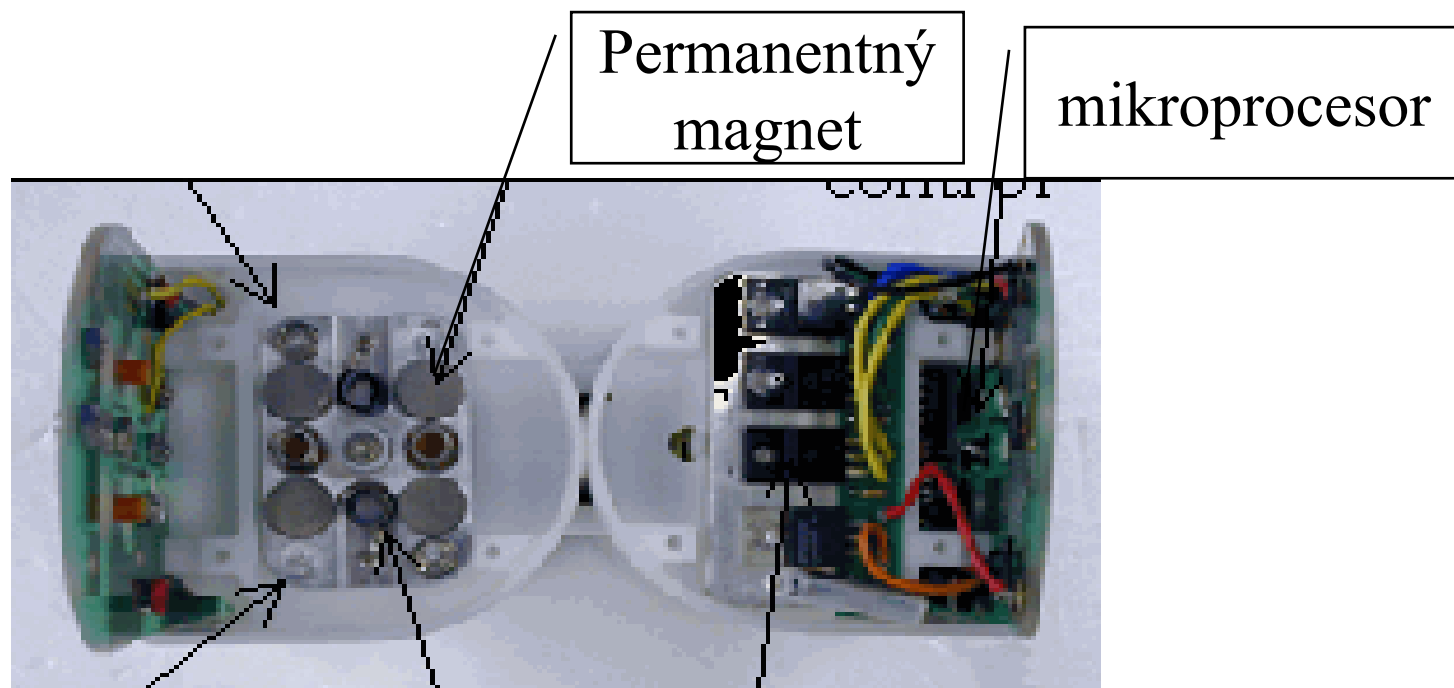
Automatický prieskum

Konštrukcia

- ⌘ Dva bloky z polovice kubické a z polovice valcové spojené dvomi kĺbmi
- ⌘ Ploché strany sa môžu spájať
 - ☒ Viacej verzií spojenia (magneticky, mechanicky)
- ⌘ V kĺbe je možná rotácia od -90 do $+90$ stupňov

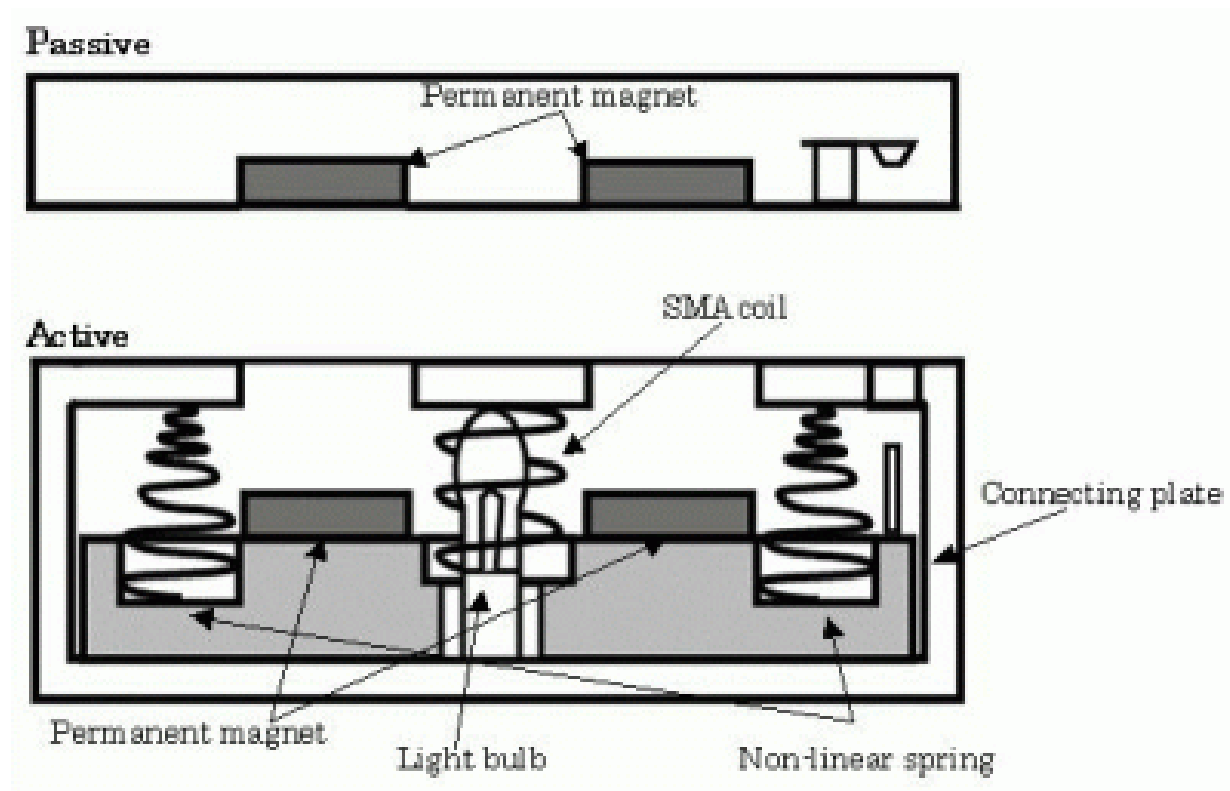


M TRAN I



M-TRAN II

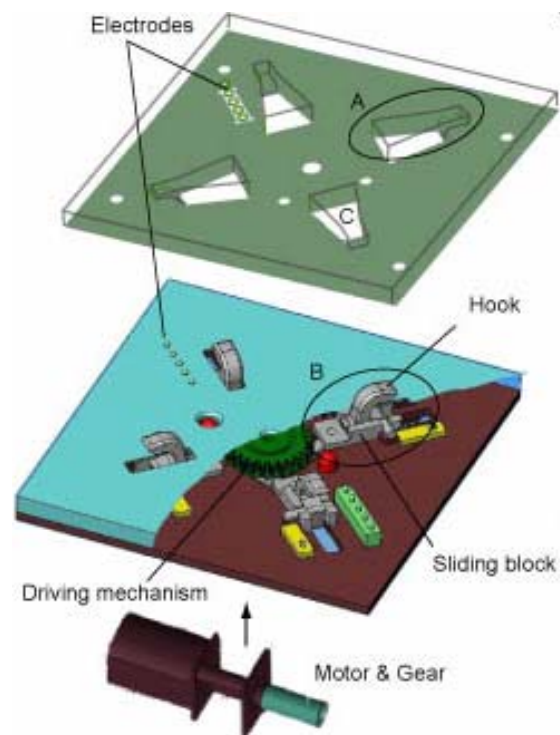
- ⌘ <http://unit.aist.go.jp/is/dsysd/mtran/English/structureE.htm>
- ⌘ Kombinácia magnetov a pružín z kovu s pamäťou



M-TRAN III

⌘ <http://unit.aist.go.jp/is/frrg/dsysd/mtran3/mtran3.htm>

⌘ Spojenie s háčikmi



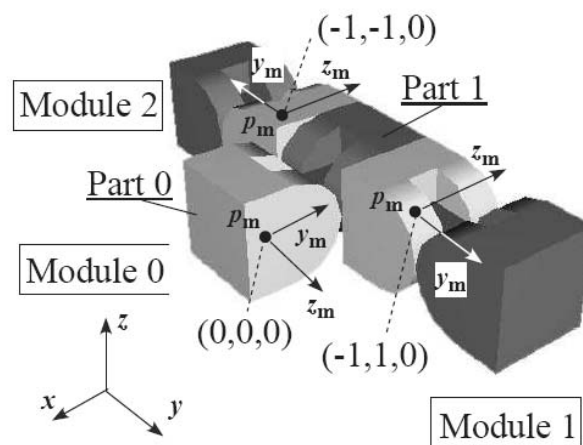
Ukážky



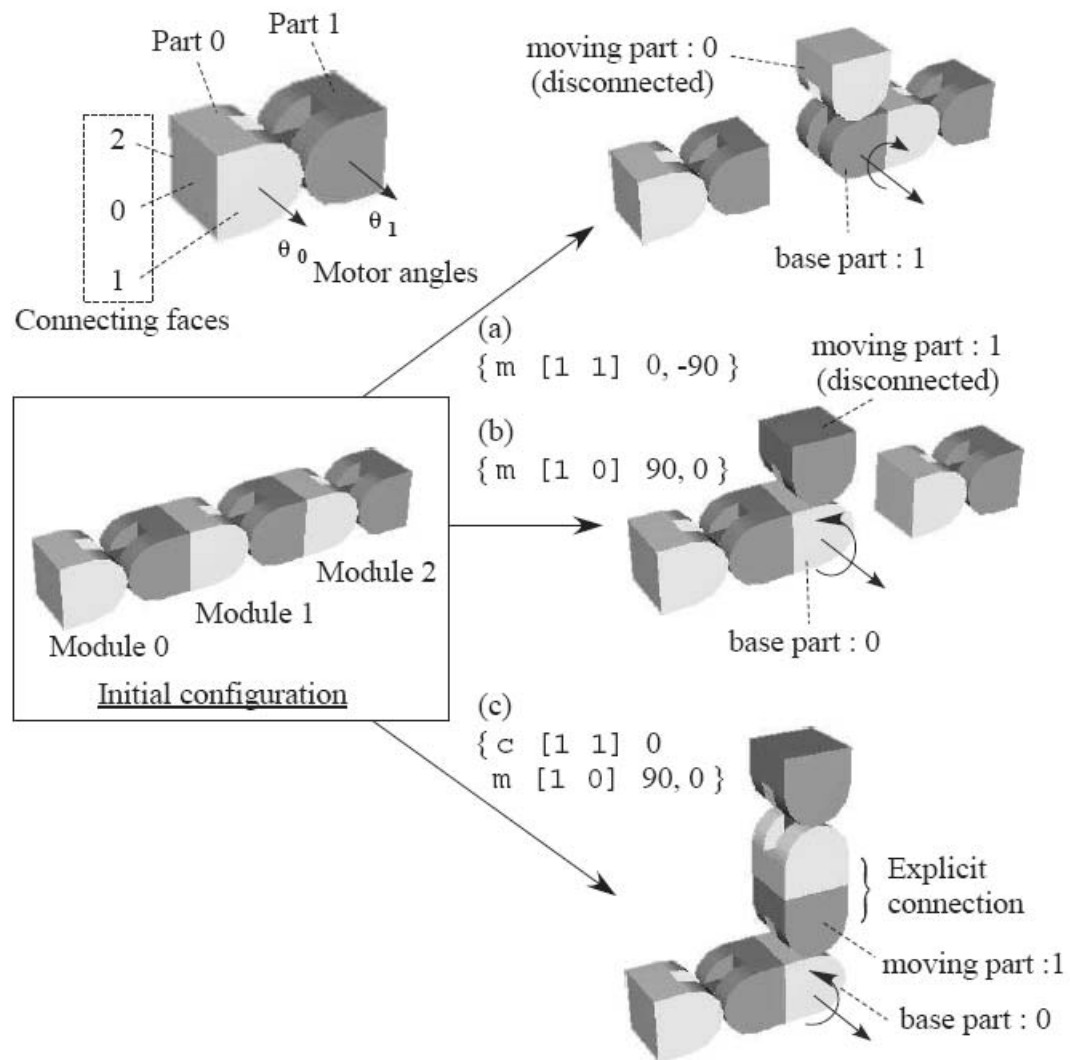
⌘ <http://unit.aist.go.jp/is/frrg/dsysd/mtran3/research.htm>

Riadenie

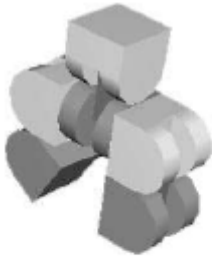
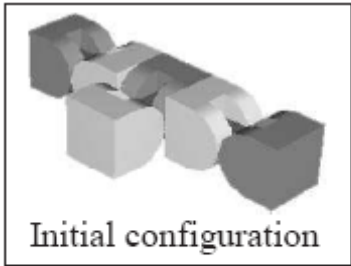
- ⌘ Každý modul má vlastný riadiaci systém, ale spolupracuje s pripojenými modulmi



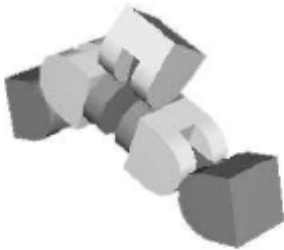
Popis pohybu



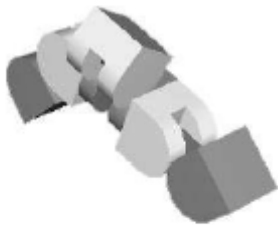
Evoluční vývoj



Segment 1



Segment 2



Segment 3

...

Motion
Sequence

{ c [0 1] 1
c [0 1] 2
m [0 0] 0 -90
m [1 0] 90 -90
m [2 0] 90 -60 }

{ c [2 0] 0
c [0 1] 1
m [2 0] 60 30
m [0 0] 30 -90
m [1 0] 0 30 }

{ c [0 1] 1
c [0 1] 2
m [1 0] 0 60
m [0 0] 60 -60
m [2 0] 60 -90 }

...

Genotype

Gene 1

Gene 2

Gene 3