

Mobilný notebook

Andrej Lúčny, Ondrej Mikuláš

Katedra aplikovanej informatiky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského
Mlynská Dolina, 842 48 Bratislava
lucny@fmph.uniba.sk, ondrej.mikulas@st.fmph.uniba.sk

Abstrakt

Článok prezentuje navigáciu mobilného robota, založenú na jednoduchých senzoch a aktuátoroch (obyčajná kvalitná kamera pripojená k notebooku na podvozku s obyčajnými elektromotormi - čiže je to taký jazdiaci a pred seba vidiaci notebook). To kladie zvýšené nároky na riadiaci systém robota, podobné tým, ktoré sú kladené na myseľ živých tvorov riadiacich svoj pohyb na základe zraku. Túto biologicky relevantnú situáciu preto na riešime riadiacou štruktúrou, ktorej forma je biologicky motivovaná a to architektúrou Agent-Space, ktorá vychádza z prác Minského a Brooksa.

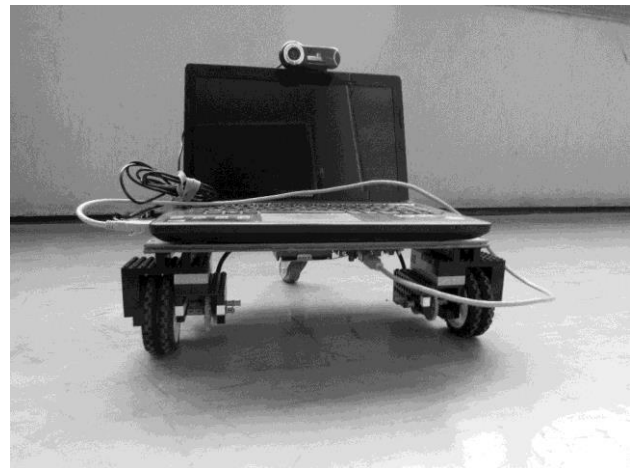
1 Úvodná kapitola

Vizuálna navigácia mobilného robota je pomerne rozvinutá oblasť mobilnej robotiky, ktorej začiatky spadajú do šesťdesiatych rokov minulého storočia [2]. V súčasnosti dosiahla z hľadiska techniky slušných výsledkov, avšak vrhla len málo svetla na to, ako funguje vizuálna navigácia u ľudí a iných – zrakom vybavených – organizmov. Technika sa totiž opäť raz ukázala silnejšia ako príroda. S použitím kamery Kinect je možné vytvoriť si pomerne dokonalý 3D model prostredia v ktorom sa robot nachádza a nekolízny pohyb v ňom sa stáva viac menej jednoduchou záležitosťou, najmä pokiaľ máme k dispozícii presné motory, ktoré vedú verne reprodukovat' pohyb po vypočítanej nekolíznej trajektórii. Táto kamera ale z hľadiska biologickej relevantnosti podvádza: nasvecuje si prostredie infračerveným – pre nás neviditeľným – žiarením a na základe deformácie pozorovaného odrazu počíta tvary a vzdialenosti objektov v ňom umiestnených. Tento proces je mimochodom podobný antickej predstave o fungovaní zraku, v ktorom vtedy učenci videli nehmotnú formu hmatu. Stáročia už ale vieme, že takto zrak nefunguje. Štruktúry zrakovéj kôry mozgu sa musia zaoberať s oveľa menej sofistikovanou informáciou. Následkom toho je možné vraziť hlavou do dverí, ale aj ukázať svoju inteligenciu. Výskum vizuálnej navigácie robota založenej na obyčajných kamerách preto neustránil na dôležitosti, len na príťažlivosti. Veríme, že riešenie

vizuálnej navigácie s jednoduchými kamerami a motormi vyžaduje od riešiteľa vyvinúť riadiacu architektúru, ktorá je nielen pokročilejšia, ale ktorá má šancu približovať sa svojou povahou procesom, ktoré prebiehajú v myslí navigujúceho organizmu. Odhaľujeme tak nielen niečo z oblasti robotiky, ale aj o nás samotných.

2 Použitý mobilný robot

Používame jednoduchého mobilného robota (obr. 1), ktorý pozostáva z notebooka umiestneného na mobilnom trojkolesovom podvozku. Podvozok umožňuje ovládanie ľavého a pravého kolieska, zadné je pasívnou podporou. Kolieska sú ovládané obyčajným elektromotorom, ktoré spínajú relé na základe pokynov vysielaných z notebooka cez USB. Notebook teda môže koliesku povedať len to, či sa bude točiť dopredu, dozadu alebo stáť. Nedokáže dať pokyn podvozku na otočenie o určitý počet stupňov a podobne – na to pri kvalite podvozku nestačí ani merať čas, po ktorý sú elektromotory v pohybe. Na realizáciu podvozku sme použili LEGO Robolab a reléový ovládač USB4SRMx. Elektromotory majú vlastný zdroj energie zo štyroch tužkových batérii, uložených v puzdre zospodu podvozku.



Obr. 1. Použitý robot.

¹ Takto sa píše poznámky pod čiaru.

Náš robot je vybavený kamerou Logitech Webcam Pro 9000. Má širší uhol záberu a dáva ostrejší obraz ako webkamera zabudovaná do notebooka. Dôležité je, že je napájaná cez USB, rovnako ako reléová ovládacia karta, čo nám umožňuje pre ich prevádzku použiť akumulátor zabudovaný v notebooku.

Robot nemá kompas, ktorý by mu umožňoval absolútnu orientáciu v priestore, ani GPS na určenie svojej polohy. Nemá taktiež žiadny senzor na meranie vzdialeností či detekciu nárazu.

Riadiaci systém robota implementujeme v jazyku C++, pričom používame knižnice OpenCV (opencv.org) a Agent-Space (www.agentspace.org).

3 Úloha: nekolízny pohyb

Úlohou nášho robota je konať vo zvolenom prostredí nekolízny pohyb. Ako prostredie sme si vybrali chodby (bratislavského) Matfyzu. Vyznačujú sa pravoúhlostou, ako aj dlhými a úzkymi koridorami (obr. 2). Otváranie dverí sme neriešili, počas experimentov sme ich zapreli.

Nerobíme si teda nároky na hľadanie nejakého univerzálneho riešenia. Vyvíjame riešenie ušité na konkrétnu situáciu. Vychádzame z princípu tzv. situovanosti [3].



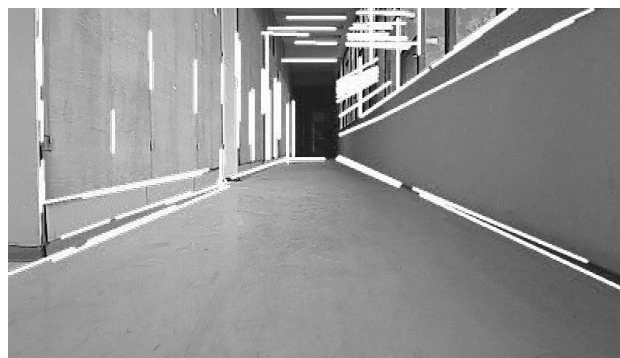
Obr. 2. Prostredie robota (situácia).

4 Riadiaca architektúra

Jednoduchosť použitých senzorov a aktuátorov kladie zvýšené nároky na architektúru riadiaceho systému robota. Tie riešime použitím vlastnej architektúry Agent-Space [6,7,8], ktorá vyjadruje myšlienky Brooksovej subsumpcie [3] a Minského societného modelu mysle [10] jazykom multiagentových systémov. Riadiaci systém je tu spoločenstvom agentov, ktorí si vymieňajú dáta prostredníctvom pomenovaných dátových blokov na čiernej tabuli (v tzv. *space*).

Každý z agentov realizuje špecifickú transformáciu dát, napr. premieňa intenzitný obraz na

detekované hrany. Výsledok takejto transformácie ostáva na čiernej tabuli k dispozícii pre všetkých agentov, ktorí by ho vedeli využiť, pokiaľ sa nie je prepísaný aktuálnejšími dátami alebo pokiaľ mu nevyprší časová platnosť, s ktorou bol na tabuľu zapísaný. Aktualizáciu dát pritom nemusí vykonať agent, ktorý ich tam zapísal: jeden agent reprezentujúci pomalšiu a presnejšiu metódu môže napríklad prepísať údaj od agenta reprezentujúceho metódu rýchlejšiu a menej presnú. O to, aby na tabuli ostala preferovaná hodnota, je možné postarať sa prioritou zápisu.



Obr. 3. Výpočet úbežného bodu: hrany získané detektorom Canny, úsečky získané Houghovou transformáciou, úbežný bod ako priesečník vybraných úsečiek [9]. Metóda podľa [12].

Tento výmenný komunikačný mechanizmus je možné použiť pre kombinovanie rôznych správání robota, keď rôzne skupiny agentov produkujú akcie pre tie isté motory robota. Náš robot napríklad nemá krk, ktorým by sme sa pri doprednom pohybe pozeral na strany, preto správanie generujúce dopredný pohyb musí miestami ustúpiť správaníu generujúcejmu otáčanie na mieste.

Podobnú architektúru použili pri riešení vizuálnej navigácie v [13].

5 Riešenie a metódy

Diplomová práca [8] implementovala riešenie vizuálnej navigácie nasledovným spôsobom:

Riadiaci systém má dve vrstvy riadenia (obr. 4). Na spodnej je jedna skupina agentov, ktorá zabezpečuje pohyb po chodbách na základe výpočtu úbežného bodu (obr. 3) [12] a jednoduchšej korekcie pohybu podľa toho, či nie je tento bod príliš vľavo alebo vpravo.

Na hornej vrstve sú tri skupiny agentov, ktoré zabezpečujú otočenie sa na križovatke chodieb. Keď sa robot blíži ku križovatke, spodná vrstva stratí úbežný bod, je však schopná pokračovať určitý čas akoby zotrvačnosťou. Za ten čas si robot potrebuje pohľadať iný úbežný bod, zodpovedajúci chodbe kolmej na tú, v ktorej sa robot pohybuje. Do dopredného pohybu na slepo sa preto začne vtierať horná vrstva, v ktorej prvá skupina agentov zabezpečuje pozeranie sa robota do strán a jeho návrat do pôvodnej polohy (obr. 5). Je veľký problém otočiť sa do strany a ešte väčší sa vrátiť, lebo náš robot sa pritom môže oprieť len o aktuálny obraz a referenčný obraz zapamätaný ešte v momente dopredného pohybu. Na rozpoznanie, že sme sa vrátili do pôvodného smeru, používame párovanie význačných bodov na obraze (metóda SURF [1]) metódou [11]. Na rozpoznanie, že sme sa už dostatočne otočili počítame nájdené úbežné body a čas, čo zabezpečuje druhá skupina agentov. Tretia skupina agentov v hornej vrstve zabezpečuje korekciu polohy robota voči stenám chodby po otočení.

6 Výsledky

Vyvinutý riadiaci systém predstavuje pomerne komplikovanú sústavu agentov, hoci jeho správanie je stále dosť jednoduché. Odzrkadľuje to skutočnosť, že vizuálna navigácia je zložitá vec a jej uspokojivé riešenie by si vyžadovalo štruktúru ešte oveľa komplikovanejšiu.

Náš robot úspešne prekonával križovatky chodieb (obr. 6). Fungoval v chodbách rôznej veľkosti, ale bol by stratený v otvorených priestoroch veľkých hál.

Pohyb robota bol kontinuálny a budil dojem účelného správania.

Pri pohybe robota reálne dochádzalo ku zložitej kombinácii jednotlivých správání, pričom dobre obstála

architektúra Agent-Space ako implementačný nástroj na takéto kombinácie.

7 Záver

V príspevku sme prezentovali riešenie vizuálnej navigácie mobilného robota s jednoduchými senzormi a aktuátormi a o to zložitejšou riadiacou architektúrou a riadiacim systémom. V tomto prístupe vidíme prínos hlavne v ambícii skúmať biologicky relevantnejšie riešenia. Nezľahčujeme si teda situáciu vďaka výdobytkami techniky, ale snažíme sa budovať riadiaci systém tak zložitý a inteligentný, ako tomu musí byť v prírode.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantovej agentúry ASFEU v rámci grantovej úlohy KC-INTELSYS, ITMS ITMS 26240220072.

Literatúra

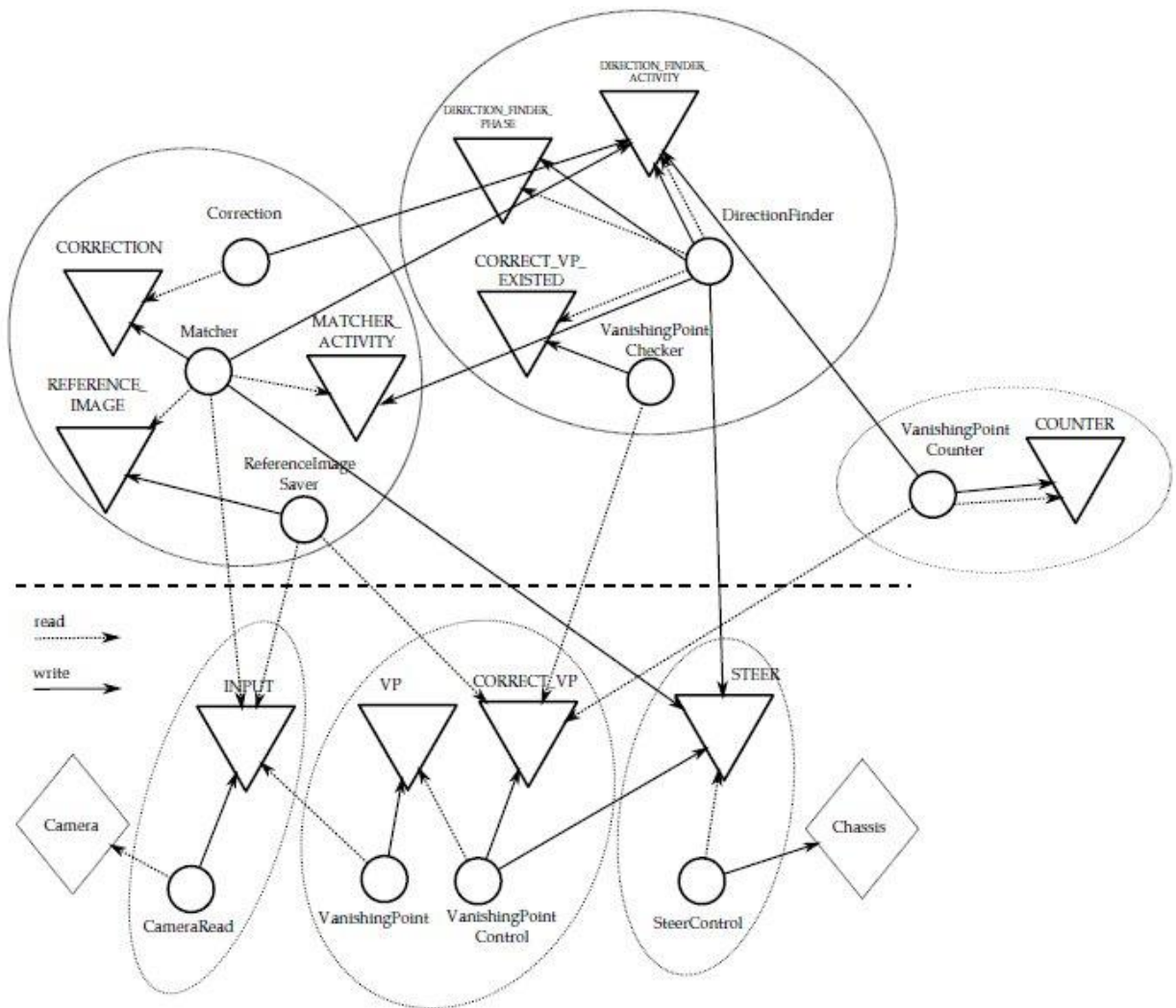
- [1] Bay, H. - Ess, A. - Tuytelaars, T. - Gool, L. V.: Speeded-up robust features (surf). *Computer Vision and Image Understanding* 110(3), (2008), pp. 346 – 359.
- [2] Bonin-Font, F., Ortiz, A., and Oliver, G.. Visual navigation for mobile robot: a survey. *Journal of Intelligent and Robotic System* 53(3) (2008), pp. 263-296.
- [3] R. A. Brooks: *Cambrian Intelligence*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1999.
- [4] Davies, E.: *Computer and Machine Vision. Fourth Edition: Theory, Algorithms, Practicalities*. Academic Press, London, 2012
- [5] Kelemen, J.: *The Agent Paradigm*. *Computing and Informatics*, Vol.22. (2003), pp. 513-519
- [6] Lúchny, A.: *Building Complex Systems with Agent-Space Architecture*. *Computing and Informatics*, Vol. 23 (2004), pp. 1001-1036
- [7] Lúchny, A.: *Od medzimodulových spojení k nepriamej komunikácii medzi agentami*. *Znalosti, VŠE Ostrava*, 2007.
- [8] Lúchny, A.: *Multiagentový prístup k modelovaniu mysle - alebo ako sledovať pingpongovú loptičku*. In: *Umelá inteligencia a kognitívna veda III*. (Kvasnička V. ed.), STU, Bratisva, 2011
- [9] Mikuláš, O.: *Visual navigation of mobile robot*. Master thesis, FMFI UK, Bratislava, 2013
- [10] Minsky, M.: *Society of Mind*. Simon & Schuster, New York, 1986
- [11] Muja, M. - Lowe, D. : Fast approximate nearest neighbors with automatic algorithm configuration. *VISAPP*

International Conference on Computer Vision Theory and Applications, Lisabon, 2009, pp. 331–340

Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, 2010

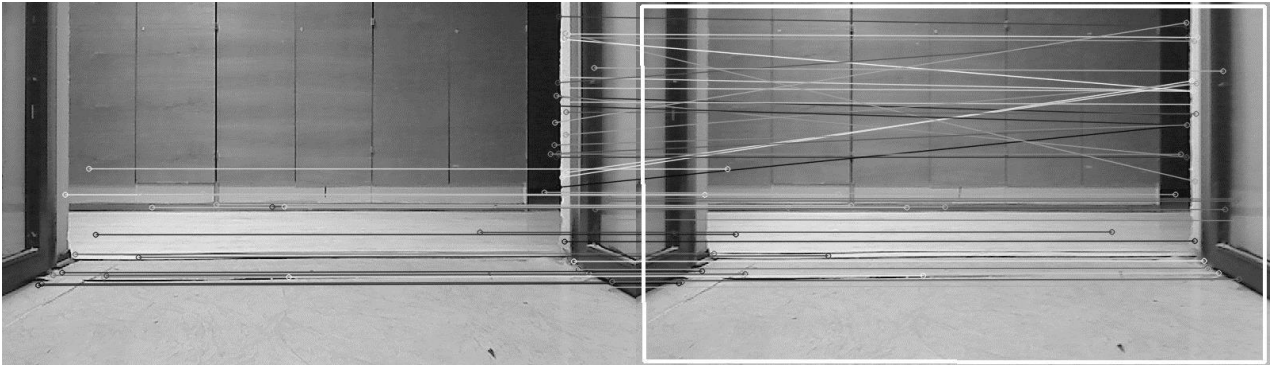
[12] Nieto, M. - Salgado, L.: Real-time robust estimation of vanishing points through nonlinear optimization. In Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, volume 7724 of Society of

[13] Ono, Y., Uchiyama, H., and Potter, W. (2004). A mobile robot for corridor navigation: a multi-agent approach. In Proceedings of the 42nd annual Southeast regional conference, ACM-SE 42, pages 379–384, New York, NY, USA

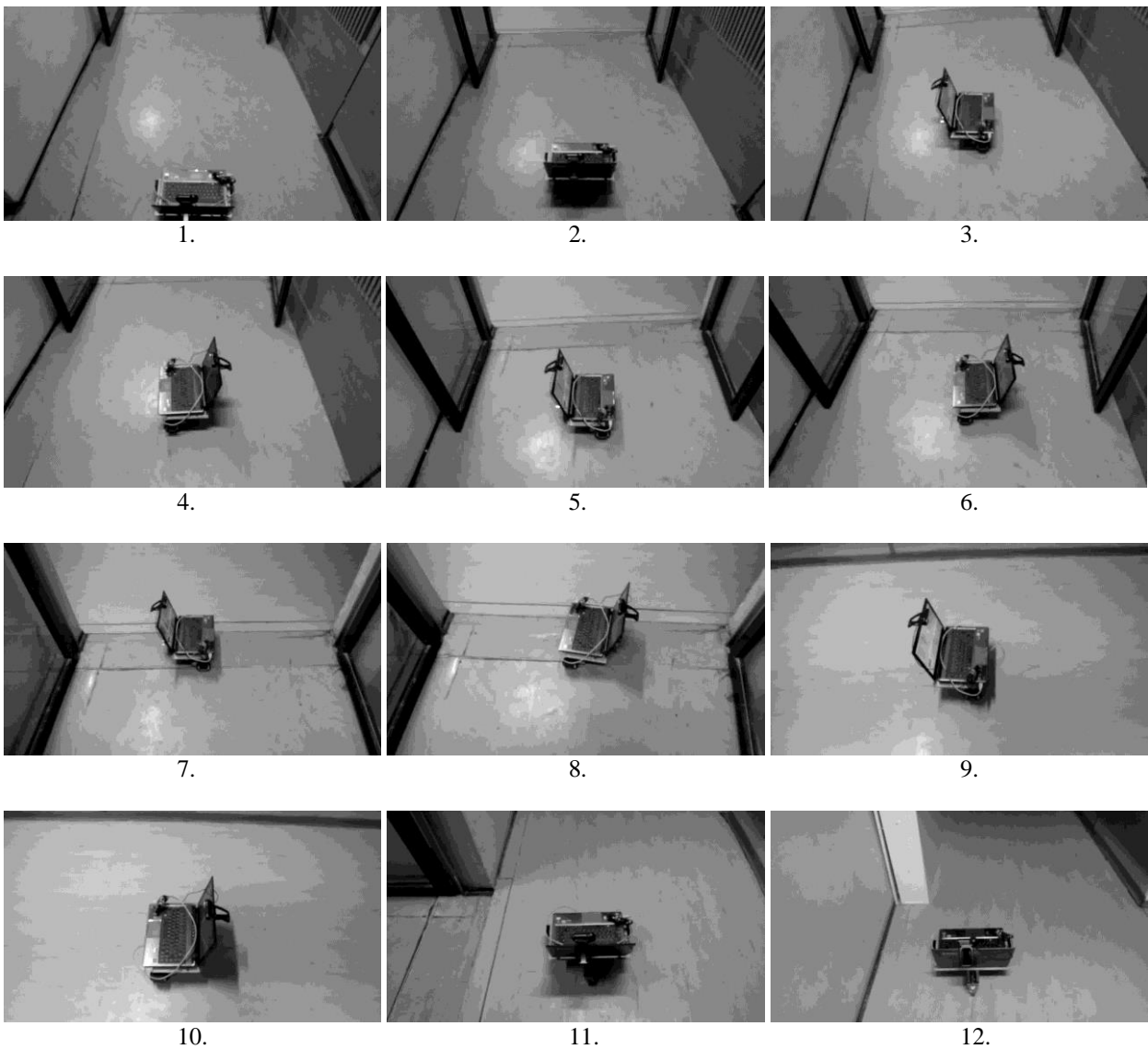


Obr. 4. Riadiaci systém robota [9]

(Agentov v schémach zakresľujeme oválmi a bloky na tabuli trojuholníkmi.)



Obr. 5. Párovanie význačných bodov referenčného (vpravo) a aktuálneho (vľavo) snímku [9,11]



Obr. 6. Prechod robota križovatkou chodieb [9]