

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

APLIKÁCIA METÓDY TLD NA SLEDOVANIE
OBJEKTOV V STEREOVÍZNOM OBRAZE

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Príloha A: Používateľská príručka

Obsah

1 Funkcia programu.....	3
2 Súpis obsahu dodávky.....	3
3 Technické požiadavky a inštalácia systému.....	4
3.1 Minimálne požiadavky na technické prostriedky.....	4
3.2 Odporúčané požiadavky na technické prostriedky.....	4
3.3 Požiadavky na programové vybavenie.....	4
3.4 Odporúčaná verzia robota Nao.....	4
3.5 Vlastná inštalácia.....	4
4 Použitie programu.....	5
4.1 Príprava robota Nao.....	5
4.2 Spustenie vlastného programu.....	5
4.3 Inicializácia akvizičného modulu pri prvom spustení.....	6
4.4 Inicializácia závislých komponentov systému.....	6
4.4.1 Inicializácia TLD.....	7
4.4.2 Trénovanie modelu TLD.....	7
4.4.3 Inicializácia regulátora pohybu ruky robota.....	8
4.5 Činnosť stereovízneho systému a možnosti interakcie s užívateľom.....	10
4.6 Príklad použitia.....	11
5 Zoznam známych chýb a problémov.....	13

1 Funkcia programu

Program Stereovision umožňuje robotovi Nao sledovať ľubovoľný vybraný objekt a určiť jeho polohu v priestore. Taktiež umožňuje naučiť robota hýbať rukou s cieľom dotknúť sa objektu.

Program je postavený ako konzolová aplikácia, ktorá je schopná v prípade potreby zobrazovať grafické okná s obrazom z kamier robota. Hoci bol testovaný len na OS Windows, jeho preloženie na iný systém by nemalo byť problémom.

2 Súpis obsahu dodávky

Program je dodávaný ako príloha diplomovej práce na jednom CD médiu, ktoré obsahuje:

1. Program vo spustiteľnej forme určený pre 32 bitové systémy Windows, uložený v ZIP archíve:
 - CD\2. Spustiteľné súbory\stereovision-win32.zip
2. Zdrojové súbory programu uložené v ZIP archíve:
 - CD\3. Zdrojové súbory\stereovision-src.zip
3. Dokumentáciu k programu, ktorú tvorí Používateľská a Systémová príručka:
 - CD\1. Dokumenty\Príručky\Príloha A - Používateľská príručka.pdf
 - CD\1. Dokumenty\Príručky\Príloha B - Systémová príručka.pdf
4. Vývojárske nástroje (SDK) potrebné pre preloženie a vývoj programu pre 32-bitový systém MS Windows v platforme MS Visual Studio 2010:
 - CD\4. Ďalšie\ naoqi-sdk-1.14.2-win32-vs2010.zip
 - CD\4. Ďalšie\qibuild-1.14.2.zip

3 Technické požiadavky a inštalácia systému

3.1 Minimálne požiadavky na technické prostriedky

Procesor s taktovacou frekvenciou 1,6 GHz.

Operačná pamäť s veľkosťou aspoň 512 MB.

Voľný diskový priestor aspoň 100 MB.

CD Rom, monitor, myš, klávesnica.

Káblové alebo bezdrôtové pripojenie do lokálnej siete.

3.2 Odporúčané požiadavky na technické prostriedky

Dvojjadrový procesor s taktovacou frekvenciou 2,0 GHz.

Operačná pamäť s veľkosťou aspoň 1024 MB.

Voľný diskový priestor aspoň 200 MB.

CD Rom, monitor, myš, klávesnica.

Káblové pripojenie do lokálnej siete.

3.3 Požiadavky na programové vybavenie

OS Windows XP/Vista/7 (32/64bit).

3.4 Odporúčaná verzia robota Nao

Pre úspešné použitie programu a zabezpečenie potrebnej kompatibility je odporúčané použitie robota s telom verzie NAO H25 a špeciálne upravenou hlavou verzie NAO V4 s podporou stereovízneho videnia.

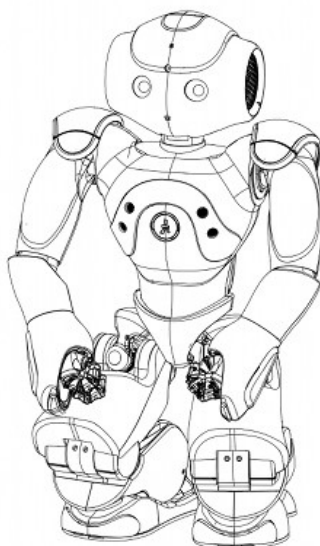
3.5 Vlastná inštalácia

Pre inštaláciu programu postačuje rozbaľiť archív „stereovision-bin.zip“ (viď. 1) do ľubovoľného adresára na disku.

4 Použitie programu

4.1 Príprava robota Nao

Pred spustením samotného programu je potrebné pripraviť a spustiť robota Nao. Robota je nevyhnutné umiestniť do bezpečnej polohy v podpore, ako je znázornené na obr. 5. Následne môžeme robota zapnúť. Robot Nao sa zapína krátkym stlačením tlačidla na hrudi. Počkáme na naštartovanie robota a nabehnutie jeho operačného systému. V prípade úspechu sa robot pozdraví slovami „Ognagnuk“. Ešte raz sa ubezpečíme, že robot je v bezpečnej polohe v podpore, a že nemá nastavené nejaké predvolené správanie (napr. tanečné predstavenie).



Obr. 1 Robot Nao v bezpečnej pozícii v podpore.

Po spustení robota zabezpečíme jeho pripojenie do rovnakej lokálnej siete, v ktorej máme pripojený počítač s nainštalovaným programom. Robota odporúčame pripojiť do lokálnej siete prostredníctvom ethernetového kábla, pretože pomalý presnos videa cez bezdrôtovú sieť môže spôsobovať problémy. Po pripojení je potrebné zistiť IP adresu robota, ktorú robot ohlási po krátkom stlačení tlačidla na hrudi.

4.2 Spustenie vlastného programu

Otvoríme priečinok do ktorého sme nainštalovali program a pri podržaní tlačidla SHIFT pravým klikom na voľné miesto v priečinku vyvoláme kontextové menu. Z menu vyberieme možnosť „Otvoriť príkazový riadok v tomto umiestnení“ (resp. „Open command window here“). Do konzoly zadáme príkaz:

```
> stereovision.exe xxx.xxx.xxx.xxx
```

kde xxx.xxx.xxx.xxx je IP adresa robota Nao.

4.3 Inicializácia akvizičného modulu pri prvom spustení

V prípade, že program spúšťame po prvý krát a nie je dostupný konfiguračný súbor „acquisition.cfg“, je nevyhnutné nakonfigurovať modul pre získavanie obrazu. Užívateľ je najprv vyzvaný k zadaniu vzdialenosti medzi kamerami potom k zadaniu vzdialenosti robota od objektu na ktorom prebieha konfigurácia. Pre presné nastavenie je potrebné umiestniť objekt do šiestich rôznych vzdialeností. Tento objekt je tiež potrebné označiť na obrazoch oboch kamier.



Obr. 2 Konfigurácia akvizičného modulu. Užívateľ je vyzvaný k zadaniu vzdialenosti k ľubovoľne zvolenému objektu v zornom poli robota a následne je požiadaný o vyriešenie korešpondenčného problému, čo je určenie toho istého bodu objektu na oboch kamerách. Na obrázku sú tieto body pre lepšiu viditeľnosť ilustrované šípkami.

4.4 Inicializácia závislých komponentov systému.

Pred spustením samotného stereovízneho systému je potrebné postupne inicializovať potrebné komponenty, ktorými sú TLD detektor a regulátor pohybu ruky robota. Ich inicializácia je možná postupne pomocou série troch menu:

1. Menu – Inicializácia TLD:

- 1 – Inicializácia označením nového objektu a prechod na 2. Menu.
- 2 – Inicializácia načítaním modelu objektu zo súboru a prechod na 2. Menu.
- 3 – Ukončenie programu.

2. Menu – Trénovanie modelu TLD:

- 1 – Trénovanie modelu.
- 2 – Uloženie modelu do súboru.
- 3 – Inicializácia regulátora pohybu ruky, tj prechod na 3. Menu.
- 4 – Ukončenie programu.

3. Menu – Inicializácia regulátora pohybu ruky:

- 1 – Vytvorenie novej vzorky údajov pre trénovanie neurónovej siete.
- 2 – Trénovanie neurónovej siete na vytvorenej vzorke údajov a prechod na 4.
- 3 – Načítanie konfigurácie neurónovej siete zo súboru a prechod na 4.
- 4 – Ukončenie programu.

4. Spustenie samotnej stereovízie a sledovanie objektu (viď 4.5).

4.4.1 Inicializácia TLD

V tomto menu máme na výber dve možnosti inicializácie sledovaného objektu. Buď vyberieme nový objekt, alebo načítame nejaký starší, ktorého model sme si v minulosti uložili.

Pri výbere nového objektu sa otvorí grafické okno zobrazujúce obraz z kamery. Nový objekt môžeme vybrať a označiť nakreslením ohraničujúceho rámca pomocou myši.

Výber ktorejkoľvek možnosti nás presunie do ďalšieho menu, v ktorom je možné trénovať detektor objektu.

4.4.2 Trénovanie modelu TLD

V tomto menu máme na výber tri možnosti. Prvou je trénovanie modelu aktuálneho objektu, kedy sa otvorí grafické okno s obrazom z kamery zobrazujúce detegovaný objekt. Táto voľba poskytuje príležitosť ukazovať objekt robotovi z rôznej vzdialenosti a rôznych smerov. Detektor objektu sa po určitom čase inkrementálne zlepšuje a neskôr vo fáze stereovízneho behu programu dosahuje lepšie výsledky.

Vytvorenie kvalitného modelu objektu v tejto fáze je preto veľmi dôležité a odporúčané, nie však nevyhnutné. Ukončiť učenie je možné stlačením klávesy ESC v okne zobrazujúcom priebeh učenia.

Druhou možnosťou je uloženie modelu objektu pre neskoršie použitie. To je vhodné v prípade, že v budúcnosti plánujeme vykonať ďalšie experimenty s daným konkrétnym modelom. Model bude uložený v súbore „model.tld“.

Tretia možnosť nás presunie do ďalšieho menu, v ktorom je možné inicializovať regulátor pohybu ruky robota.

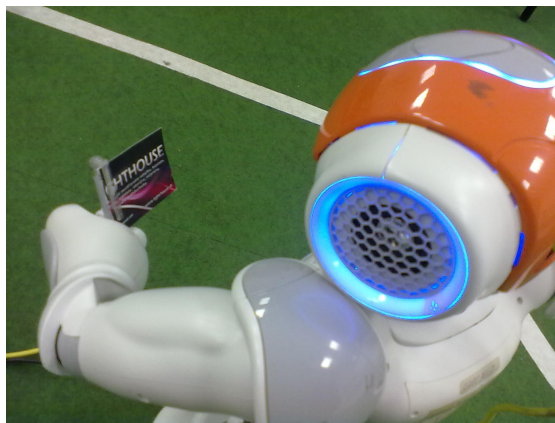
4.4.3 Inicializácia regulátora pohybu ruky robota.

Posledné inicializačné menu poskytuje možnosť inicializovať regulátor pohybu ruky robota. Zahŕňa tri voľby, pričom každá z nich vyžaduje pre svoje úspešné spustenie vykonanie voľby predchádzajúcej. Teda pre spustenie 2. voľby je potrebné najprv spustiť 1. a pre spustenie 3. je potrebné najprv spustiť 2.

4.4.3.1 Voľba 1 – Vytvorenie novej vzorky trénovacích údajov

Prvá voľba umožňuje vytvorenie trénovacej množiny dát pomocou ktorej je následne možné učiť neurónovú sieť. Pred začiatkom generovania dát program vyzve užívateľa aby zadefinoval maximálnu veľkosť trénovacej sady dát. Po zadaní maximálneho cieľového počtu dát robot uvoľní servomotory ruky a program užívateľa vyzve aby touto rukou hýbal s cieľom získať polohy servomotorov potenciálne vhodné pre snímanie dát. Veľmi dôležité je hýbať rukou robota čo najprirodzenejšie, tj. vyhnúť sa krkolomným a nepoužiteľným polohám. Tiež je dobré vyhnúť sa polohám, v ktorých robot nedokáže otočiť hlavu daným smerom (napr. polohy nízko okolo bedrového pásu robota.)

Po nazbieraní dostatočného počtu potenciálne vhodných polôh servomotorov robot opäť zapne motory na ruke a vyzve užívateľa k vloženiu sledovaného objektu do ruky. Následne začne sledovať tento objekt v zadefinovaných polohách (viď obr. 3). V každej polohe zaznamená údaje o polohe objektu a polohe ruky a takto postupne vytvorí množinu dát pomocou ktorých bude neskôr možné trénovať neurónovú sieť. Táto množina bude automaticky uložená do súboru „traindata.pat“.



Obr. 3 Pri vytváraní sady dát pre tréning neurónovej siete robot drží objekt v ruke, ktorú presúva do rôznych polôh s cieľom generovať odpovedajúce dvojice vstupných a výstupných dát.

4.4.3.2 Voľba 2 – Trénovanie neurónovej siete

Druhá voľba umožňuje tréning regulátora pohybu ruky, ktorým je neurónová sieť. Je možné zadať učiaci parameter, ktorý ovplyvňuje rýchlosť a presnosť učenia. Odporúčaná hodnota je okolo 0.3, ale je možné experimentovať aj s inými hodnotami

Ďalej je potrebné zadať požadovanú presnosť v percentách a maximálny povolený čas učenia. Následne sa začne učenie, ktoré bude trvať až dovtedy, kým nebude dosiahnutá požadovaná presnosť, resp. maximálny zadaný čas učenia. V prípade, že sieť nedosiahla požadovanú presnosť, ale povolený čas uplynul, užívateľ je má možnosť pokračovať v učení siete.

Po ukončení učenia sa konfigurácia naučenej neurónovej siete uloží do súboru „handnn.net“, pomocou ktorého je možné v budúcnosti načítať neurónovú sieť priamo, teda bez učenia.

Týmto krokom sú konečne inicializované všetky potrebné komponenty a preto sa spustí samotný systém stereovízie.

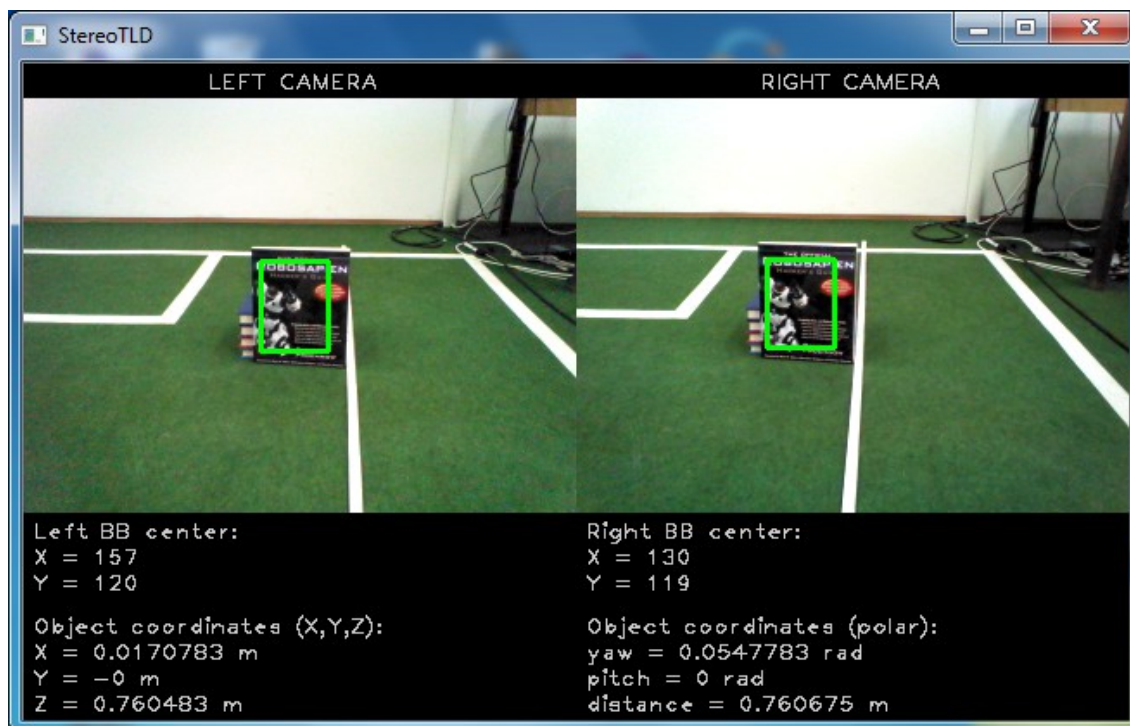
4.4.3.3 Voľba 3 – Načítanie konfigurácie neurónovej siete zo súboru

V prípade, že sme už niekedy v minulosti učili neurónovú sieť, a teda je dostupný súbor „handnn.net“, vybratím tejto voľby je možné danú sieť načítať priamo bez učenia.

Týmto krokom sú konečne inicializované všetky potrebné komponenty a preto sa spustí samotný systém stereovízie.

4.5 Činnosť stereovízneho systému a možnosti interakcie s užívateľom

Po inicializácii všetkých potrebných komponentov (viď 4.4) sa spustí samotný stereovízny systém. Spolu s ním sa zobrazí grafické užívateľské rozhranie, ktoré poskytuje informácie o sledovanom objekte a tiež možnosť ovládať niektoré funkcie robota použitím klávesových skratiek.



Obr. 4 Grafické rozhranie predstaveného stereovízneho systému, ktoré sa spustí po inicializácii potrebných komponentov. O sledovanom objekte poskytuje nasledujúce informácie: vizualizáciu rámcov ohraničujúcich objekt, karteziánske súradnice objektu (x, y, z), polárne súradnice objektu (d, α, β). Na interakciu s robotom možno použiť klávesové skratky.

Nasleduje zoznam funkčných kláves umožňujúcich interakciu s robotom a ich odpovedajúcich akcií:

- **m** – zapnutie/vypnutie servomotorov hlavy. Po spustení systému sú motory zapnuté a robot automaticky otáča hlavu s cieľom sledovať daný objekt. V prípade potreby je však možné toto otáčanie vypnúť. V prípade, že motory sú vypnuté, je možné hlavu otáčať aj ručne.
- **s** – zapnutie/vypnutie synchronizácie modelov detegovaného objektu. Spočiatku je synchronizácia vypnutá. Každá kamera používa vlastný detektor pre detekciu objektu. V prípade, že jeden z nich nedeteguje objekt správne je možné zapnúť synchronizáciu týchto detektorov s cieľom odstrániť nezrovnalosti.

- **g** – pokyn na dotyk objektu. Po stlačení klávesy robot presunie ruku smerom ku pozícii objektu. Objekt musí byť vo fyzickom dosahu ruky robota, inak funkcia nemusí fungovať správne.
- **i** – inicializácia polohy ruky robota. Ruky robota sa presunie do štartovnej polohy ak bola v inej polohe, napr. po vydaní pokynu na dotyk objektu.
- **ESC** – ukončenie programu.

4.6 Príklad použitia

Predpokladajme, že ideme program použiť po prvý krát, tj neexistujú žiadne skôr vygenerované konfiguračné súbory, súbory modelov objektu, dátové súbory ani súbory konfigurácie neurónovej siete. Postupujme nasledovne:

1. Pripravíme robota Nao na používanie podľa pokynov v 4.1.
2. Spustíme program podľa pokynov v 4.2
3. Pri otázke vyžadujúcej zadanie spôsobu konfigurácie akvizičného modulu vyberieme možnosť „2. Load defaults.“, tj načítanie predvolených hodnôt.
4. V menu „TLD initialization menu.“ vyberieme možnosť „1. Initalize TLD by selecting new object“, tj. inicializáciu nového objektu.
5. V menu „TLD after initialization menu.“ vyberieme možnosť „1. Run and train TLD“, tj. učenie modelu objektu. Ak objekt sa objekt nedarí detegovať, použijeme klávesovú kombináciu CTRL+C a zopakujeme kroky 2 až 5. Ak sa ho podarí detegovať, ukazujeme ho robotovi z rôznych vzdialeností a polôh s cieľom zlepšiť model objektu. Stlačením ESC učenie ukončíme.
6. Po návrate do „TLD after initialization menu.“ vyberieme možnosť „2. Save TLD model to file.“, tj. uloženie modelu objektu do súboru.
7. Následne vyberieme možnosť "3. Init hand controller.", tj. inicializáciu regulátora pohybu ruky robota.
8. V menu "Hand controller initialization menu." vyberieme možnosť „1. Create new dataset.“, tj. vytvorenie novej množiny trénovacích dát.
9. Ako maximálny počet vzoriek požadovaných dát zadáme hodnotu 200.
10. Uchopíme ruku robota a hýbeme ňou v požadovaných trénovacích polohách. Po nazbieraní dostatočného počtu rôznych polôh nás program vyzve na vloženie objektu do ruky robota.

11. Pripevníme objekt na pomocný držiak, tak aby ho bolo možné vložiť do ruky robota (napr. ak je objektom vizitka, možno použiť pero, vid' obr. 5).



Obr. 5 Pero použité ako držiak objektu pri generovaní trénovacích dát.

12. Objekt umiestnený na vhodnom držiaku umiestníme do ruky robota. Spustí sa proces generovania dát.
13. Priebežne kontrolujeme, či objekt náhodou nevypadol z ruky robota. Generovania dát by pri 200 vzorkách nemalo trvať viac ako dve hodiny. Robot z času na čas prejde do oddychového režimu s cieľom predísť prehriatiu kĺbov. Čakáme.
14. Po vygenerovaní trénovacích dát v menu "Hand controller initialization menu." vyberieme možnosť „2. Train new neural network.“, tj. vytvorenie novej neurónovej siete – regulátora pohybu ruky.
15. Zadáme požadovanú presnosť 95 %.
16. Zadáme maximálny čas učenia 10 sekúnd.
17. Zadáme parameter učenia 0.3.
18. Po ukončení učenia sa spustí grafické rozhranie stereovízneho systému a aj systém samotný. Robot sa postaví na nohy a začne sledovať cieľový objekt.
19. Ukazujeme objekt robotovi v rôznych vzdialenostiach pozíciách v priestore. Ak máme vhodný dĺžkomer, môžeme overiť presnosť určovania vzdialenosti udávanú systémom.
20. Priblížime objekt na dosah ruky robota.
21. Stlačením klávesy g vydáme pokyn na dotyk objektu.
22. Stlačením klávesy i vydáme pokyn premiestnenie ruky do pôvodnej polohy.
23. Stlačením klávesy ESC ukončíme program.

5 Zoznam známych chýb a problémov

Nasleduje zoznam problémov, ktoré sa môžu vyskytnúť počas behu programu:

- 1) Možný pád programu pri spracovaní snímku pomocou TLD:
 - napr. v prípade, že rozmery oblasti ohraničujúcej objekt prerastú rozmery obrázku,
 - zrejme ide o chybu použitej implementácie TLD,
 - frekvencia výskytu tejto chyby je minimálna.
- 2) Možné problémy s nesprávnym načítaním súborov:
 - program počíta so správnym formátom súborov „model.tld“, „handnn.net“, „traindata.pat“ a „acquisition.cfg“,
 - v prípade manuálnej úpravy súborov je potrebné dodržať pôvodný formát.
- 3) Možné problémy s nesprávnym ID kamery:
 - v prípade, že pozícia kamier bola manuálne prehodená, program nebude fungovať správne,
 - je potrebné prepnúť kamery na predvolené hodnoty:
 - pomocou programu Monitor
 - alebo programátorsky príkazom:

```
cameraProxy.setParam("kCameraSetDefaultParamsID");
```
- 4) Problémy pri načítaní regulátora pohybu ruky zo súboru:
 - regulátor ovláda ruku robota nesprávne, inak ako po pôvodnom učení.
 - riešením je vždy pred spustením systému natrénovať novú neurónovú sieť pre ovládanie ruky.