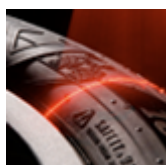


Automatizované pracovisko určené k softwarovému rozpoznávaniu obrazu

Kňaze Kamil · Elektrotechnika, Študentské práce

22.03.2010



Cieľom tejto práce bolo navrhnuť a realizovať dvojosí manipulátor určený na priblíženie sa k predmetu, jeho následné zosnímanie laserom a vyhodnotenie za pomoci špecializovaného softwaru. Riadenie manipulátora bolo realizované za pomoci priemyselného Beckhoff PLC systému a snímanie s následným vyhodnotením obrazu za pomoci meracieho zariadenia a softwaru naprogramovanom vo vývojovom nástroji iConnect. Celé zariadenie má slúžiť na pedagogické účely a ako celok je plnohodnotným prístrojom s akým sa môžeme stretnúť v reálnom nasadení v priemyselnom odvetví informatiky.

1 Úvod

Rýchly rozvoj súčasných technológií závisí predovšetkým od neustáleho zdokonaľovania a racionalizácie spoločnej výroby. Rozhodujúcimi činiteľmi, ktoré v podstatnej miere ovplyvňujú tento rozvoj, sú využívanie a aplikácia vedy a techniky. Dôkazom toho je aj to, že poslaním robotizácie je nielen vyvíjať priemyselné roboty a manipulátory, ale hlavne aplikovať ich vo výrobe, zabezpečovať návratnosť zdrojov vynaložených na ich výskum.

V našej práci sme sa zaoberali vytvorením prístroja, ktorý spadá do dvoch odvetví informatiky. Prvou je automatizačná a druhou je aplikovaná časť. Automatizačná časť zahŕňa riadenie manipulátora po mechanickej, elektronickej a softwarovej stránke. Aplikovaná časť zahŕňa snímanie obrazu meracím zariadením a jeho rozpoznávanie špeciálne na to navrhnutým a vytvoreným softwarom.

2 Priemyselný manipulátor a rozpoznávanie obrazu

Priemyselný manipulátor je manipulačné zariadenie vybavené chápadlami alebo špecializovanými nástrojmi (snímačmi, kamerovými systémami...) pracujúce vo viacerých osiach pohybu. Priemyselné manipulátory sú síce funkčne podobné robotom, ale hlavný rozdiel oproti nim je v ich pružnej programovateľnosti. Manipulátory na základe nej patria medzi najpružnejšie periférne zariadenie používané v priemyselnej výrobe.

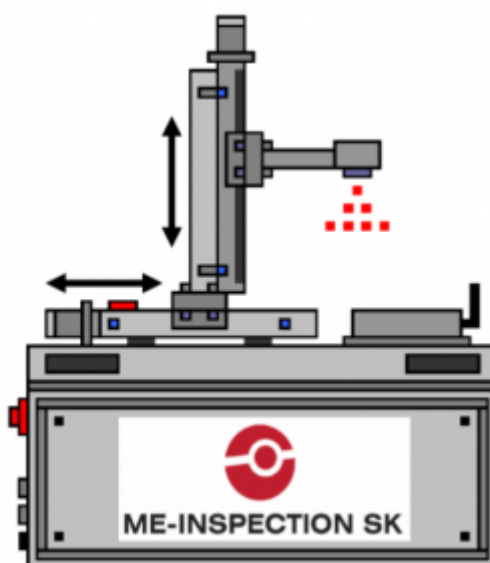
Rozpoznávanie obrazu (Image Processing) je pojem, alebo aj vedná disciplína, ktorá hardwarovými a softwarovými prostriedkami simuluje videnie biologické-ludské.

V súčasnosti je HW a SW na tak vyspelej úrovni, že je možné, aby sme dokázali aj zložitý biologický proces, akým je zachytávanie a rozpoznávanie obrazu napodobniť. Rozpoznávanie obrazu môže byť realizované kamerami alebo senzormi, ktoré nahrádzajú oko, optickými dátovými káblami nahradzujúcimi synaptické spojenia neurónov, a v neposlednom rade výkonný HW a kvalitne navrhnutý SW určený na spracovanie nasnímaného obrazu.

Typickými systémami určenými pre rozpoznávanie obrazu sú: meranie rozmerov, zistenie prítomnosti, kontrola tvarov a kvality, čítanie textov...

3 Predstavenie navrhnutého prístroja

Prístroj, ktorý sme štúdiom a postupnou prácou spoločne vytvorili, môžeme zaradiť medzi dvojosé manipulátory určené na priblíženie sa k neznámemu predmetu. V našom prípade ide o predmet, ktorý je objektom snímania a vyhodnotenia za pomoci laserového profilového meracieho zariadenia MicroEpsilon scanCONTROL LLT 2800-100 a softwaru naprogramovanom v prostredí MicroEpsilon iConnect. Manipulátor pracuje za pomoci dvoch motorov a osičiek od spoločnosti Festo, pričom jeho softwarová časť je naprogramovaná v prostredí Beckhoff TwinCAT, uložená na pevnom disku priemyselného počítača v prostredí Windows.



Obrázok 1: Manipulátor MEI-2AM

V nasledujúcich kapitolách podrobnejšie predstavíme technológie, ktoré sme pri navrhovaní, zostavovaní a programovaní nášho prístroja využívali.

4 EtherCAT

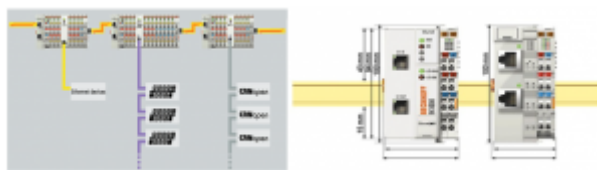
EtherCAT je otvorená real-time Ethernetová sieť, vyvinutá nemeckou spoločnosťou Beckhoff, ktorá pri svojom uvedení pred približne piatimi rokmi otvorila nové možnosti v oblasti priemyselných komunikačných zberníc.

Medzi hlavné výhody siete typu EtherCAT patrí možnosť pripojenia 65535 zariadení a dĺžka jej zbernicového cyklu $30 \mu\text{s}$ s pre 1000 vstupných a výstupných binárnych signálov. Pri nadviazaní komunikácie je taktiež možné cez jeden Ethernet frame vymeniť 1486 bytov procesných dát, čo je ekvivalentné s 12000 digitálnymi vstupmi a výstupmi. Presnosť synchronizácie komunikujúcich zariadení algoritmom IEEE1588 je lepšia ako $1 \mu\text{s}$.

EtherCAT je tiež veľmi otvorený pri komunikácii s riadiacim systémom. Pri doteraz používaných komunikačných protokoloch bolo veľmi dôležité aký typ komunikácie bol používaný (master/master, master/slave). Tu nastáva rozdiel oproti minulosti, pretože pri EtherCAT nie je podstatné aký typ komunikácie použijeme. Tento protokol je optimalizovaný na Ethernetový frame a procesné dáta sú prenášané priamo vďaka špeciálnemu Ethertyp-u.

EtherCAT je tiež charakterizovaný tým, že má flexibilnú topológiu a jednoduchú konfiguráciu. Všetky známe topológie (línia, hviezda strom) sú povolené. Ako prenosové médium sa používa krútená dvojlinka (kábel CAT5+).

Je možné používať aj klasické sieťové káble, ale pri ich používaní hrozí, že nebudú komunikovať maximálnou rýchlosťou. Adresovanie je vykonané automaticky, preto nie je potrebné definovať v operačnom systéme IP adresu.



Obrázok 2 a 3: „Freedom“ medzi rôznymi komunikačnými protokolmi a príklad riadiacej kľemy

Pri vstupe do riadiacej jednotky je EtherCATový protokol konvertovaný na E-bus alebo K-bus. Ebus a K-bus sú vnútornými komunikačnými zbernicami v Beckhoff PLC termináloch.

Z riadiacich terminálov EtherCAT-ovú technológiu podporuje aj kľema BK 1120, ktorá je rozhraním K-busu a EtherCATu.

Všetky vstupno-výstupné riadiace kľemy majú štandardizované rozmery. Riadiace kľemy potrebujú 24V a jednosmerné napájanie, ktoré je nevyhnutné pre chod riadiacej jednotky a pre K-bus, respektíve E-bus.

5 Riadiace systémy manipulátora

Neoddeliteľnou súčasťou manipulátora je jeho riadiaci systém. V automatizácii poznáme dve veľké skupiny riadiacich systémov:

- konvenčné,
- s výpočtovou technikou.

V súčasnej dobe predstavujú PLC (Programmable Logic Controllers) najrozšírenejší typ riadiaceho systému v priemyselnej praxi, v obore techniky budov i v mnohých

ďalších aplikačných oblastiach, pričom jeho program je napísaný tak, aby bolo celkové zariadenie, čo najjednoduchšie ovládať. Toto ovládanie je realizované prostredníctvom grafického používateľského rozhrania - vizualizácie.

Náš manipulátor, tak ako aj každé iné zariadenie používané v priemysle, obsahuje bezpečnostný okruh, ktorý odpája elektrické napájanie, a tým zamedzuje nebezpečenstvo vzniku úrazu. Pri výskyte poruchy svieti červená LED a všetky operácie sú zablokované. Tento okruh býva spustený tzv. Emergency tlačidlom umiestnením na viditeľnom a dobre dosiahnuteľnom mieste.

Náš manipulátor má 4 módy činností s ktorými sa môžeme stretnúť. Sú to STAND BY, INIT, AUTO a MANUAL.

Mód STAND BY

Je východiskovým stavom, do ktorého sa zariadenie dostane automaticky po zopnutí sieťového napätia a nábehu riadiaceho systému. Do stavu STAND BY sa môže systém dostať len vtedy, ak nenastane žiadna nepredvídateľná chyba.

Mód INIT

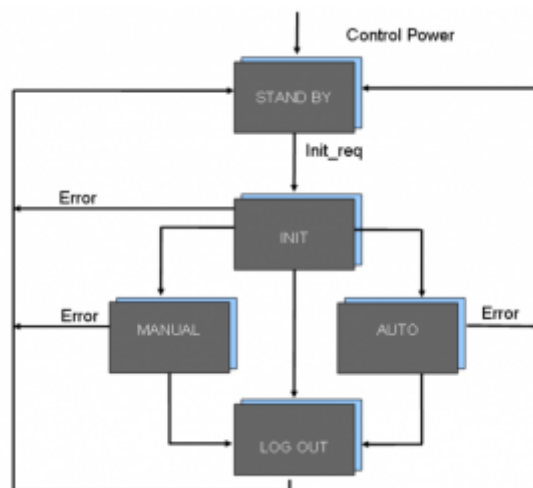
Aktivuje sa iba vtedy, keď z operátorského rozhrania program dostane žiadosť na celkové inicializovanie. Inicializácia pozostáva z referencovania polohy manipulátora a jeho presunu na štartovaciu pozíciu. Pre potreby riadiaceho systému musí manipulátor zistiť polohu v priestore. Zistí ju tak, že prejde v smere osi X a Y cez referenčný indukčný snímač. Pokiaľ nie je meranie polohy referencované, vo vizualizácii nie je simulovaný pohyb.

Mód AUTO

Je základným režimom zariadenia, pri ktorom dochádza k samotnému snímaniu predmetu na podložke.

Mód MANUAL

Je druhým základným režimom. Je určený na parciálne operácie, iniciované užívateľom cez príslušné tlačidlá. Po ukončení každej činnosti systém čaká na ďalší povel užívateľa.



Obrázok 4: Bloková schéma režimov činností

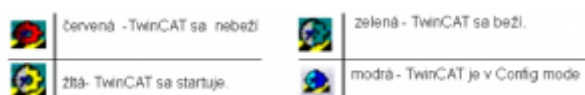
6 Beckhoff TwinCAT

Beckhoff TwinCAT (**T**otal **W**indows **C**ontrol and **A**utomation **T**echnology) je softwarom, ktorý je primárne určený na zmenu štandardného počítača na real-time riadiaci PLC systém, pričom všetky programy nainštalované na počítači môžu komunikovať s touto technológiou cez Microsoft rozhranie T(OPC, OCX, DLL).

TwinCAT System Manager (TSM) je centrálny nástroj na konfiguráciu. Vstupy a výstupy softwaru a fyzikálne vstupy a výstupy sú spojené a manažované s TSM. Aktuálne hodnoty vstupov a výstupov v online móde (konfigurácia je aktívna) je možné sledovať v TSMi. TSM podporuje konfigurovanie nasledujúcich komunikačných protokolov: Beckhoff Lightbus, PROFIBUS DP (master a slave), PROFIBUS MC (motion control), Interbus, CANopen, SERCOS, EtherCAT, DeviceNet, Ethernet.

TwinCAT System Service (TSS) je podobne ako Windows service - služba, ktorá sa automaticky vytvorí po inštalácii TwinCAT softwaru. Táto služba je dostupná na paneli úloh, ktorý je obvykle umiestnený dole na paneli.

Aktuálny stav TwinCAT systému je rozlíšený farebne na spodnej lište operačného systému. Cez túto službu sme schopní zastaviť, spustiť, prípadne reštartovať TwinCAT systém.



Obrázok 5: Význam farieb v SYSTEM Service

TwinCAT PLC Control (TPC) je centrálnym pilierom automatizačného softwaru tým, že je to kompletne programové vývojové prostredie. PLC program vytvorený s TPC je možné spustiť pod rôznymi platformami (BC, BX riadiaci systém), ale iba za tých podmienok, keď sú dodržané špeciálne kritériá. Na spúšťanie a ladenie programu nie je potrebné mať fyzicky hardware. PLC program je možné písať v niekoľkých štandardizovaných jazykoch, ktoré sú popísané s štandardom IEC 61131-3. Do štandardu patria nasledujúce programovacie jazyky:

IL (Instruction List) Inštrukčný zoznam,

LD (Ladder Diagram) Rebríkové diagramy,
 FBD(Function Block Diagram) Diagram f. blokov,
 SFC (Sequential Function Chart) Graf postup. krokov,
 ST (Structured Text) Štrukturovaný text,
 CFC - Continous function chart.

TwinCAT NC je súhrn funkcií na riadenie a regulovanie a na synchronizovanie jednej, alebo viac osí. NC úloha sa skladá z jedného, alebo viacero PTP, FIFO alebo NCI kanálov. NC úloha a PLC komunikuje cez NC-PLC a PLC-NC rozhranie (interface). Je to cyklické rozhranie. TwinCAT NC PTP zahŕňa aj polohovací software, integrovaný PLC software PLC s NC rozhraním a vstupno-výstupnú komunikáciu. PTP (Point To Point) sú riadiace metódy, postupy pre jedno dimenzované polohovanie (one-dimensional positioning). Jedno dimenzované polohovanie neznamená len lineárny pohyb, ale znamená aj to, že jeden prvok sa môže pohybovať len v jednom súradnicovom systéme. TwinCAT NC PTP tým nahrádza bežné polohovanie a NC riadiacich systémov.

Každá os má premenné pre encoder, pohon a regulátor. Tieto premenné je možné linkovať k I/O rozhraniu a následne nastaviť ich hodnoty. Polohovania sú vykonané s výkonnými, modernými polohovacími algoritmi, pri ktorých je veľký dôraz kladený na bezpečnosť. Vďaka tomu sú chyby minimalizované.

7 Realizácia lineárneho pohybu

Pri navrhovaní manipulátora sme sa na základe skúseností a katalógových údajov rozhodli, že na realizáciu lineárneho pohybu použijeme komponenty a moduly automatizačnej spoločnosti Festo. Ukázalo sa, že lineárny pohyb je možné realizovať buď priamo, s lineárnymi motormi, alebo s osičkami, ktoré sú naháňané buď s krokovými motormi, alebo s servopohonmi. Vďaka tomu, že Beckhoff PLC má zabezpečené riadenie krokových motorov priamo riadiacou jednotkou (kľema KL2541) uprednostnili sme práve krokové motory pred lineárnymi.

Motory sme použili dva. Jeden pre horizontálny smer (laterálny smer) MTR-ST42 a druhý pre vertikálny smer (radiálny smer) MTR-ST57. Oba motory sú súčasne brzdu, to znamená, že keď stroj nie je v činnosti, nepotrebujeme žiadnen ďalší hnací mechanizmus na udržanie aktuálnej pozície osičiek, ktorými motormi pohybujú.



Obrázok 6: Vretenová os spoločne s motorom

Jednotlivé motory naháňajú vretenové osi s označením DGE-25-200-SP-KG-KF-GK-SV, pričom ich parametre spoločne s použitými motormi môžeme nájsť na internetovej stránke výrobcu www.festo.com.

8 FireWire

Štandard IEEE-1394 (FireWire) je pomerne nový, vytvorený spoločnosťou Apple v roku 1995, ktorý definuje vysokorýchlostnú sériovou zbernicu. Prenosová rýchlosť tohto rozhrania je maximálne 400 Mb/s. FireWire je nástupcom zastaranej technológie paralelného SCSI. Paralelne môže byť prostredníctvom FireWire prepojených až 63 zariadení, pričom je možnosť využívať asynchrónneho prenosu dát v reálnom čase. Systém FireWire sa bežne využíva na pripojovanie úložísk dát ako sú externé pevné disky, videokamier, fotoaparátov, ale tiež pre pripojenie priemyselných videosystémov a profesionálnych audiosystémov. Výhodou použitia FireWire oproti bežnejšiemu pripojeniu prostredníctvom USB je vyššia efektívna rýchlosť FireWire (i keď nominálna rýchlosť USB 2.0 je mierne vyššia, v praxi je takmer nedosiahnuteľná), výrazne lepší rozvod napájania a možnosť práce bez hostiteľského počítača. Čo je však pravdepodobne najdôležitejšie, FireWire naplno využíva potenciál SCSI a na rozdiel od vysokorýchlostného USB 2.0 dosahuje vyšší trvalý, neprerušovaný dátový tok, čo je kriticky dôležité pre aplikácie strihu zvuku a obrazu.



Obrázok 7 a 8: 6 a 9 pinový FireWire prepojavací kábel a logo FireWire

Na pripojenie počítača (Notebook HP nx8220), na ktorom bežal merací software naprogramovaný v prostredí iConnect, so zariadením scanCONTROL LLT2800-100 sme použili FireWire port integrovaný priamo v notebooku. Neskôr sme využili ovládanie za pomoci rozširujúcej PCMCIA karty s ďalšími tromi FireWire konektormi. Toto riešenie je zaujímavé z toho pohľadu preto, že na každý port je možné pripojiť iné meracie zariadenie scanCONTROL LLT 2800-100 a ovládať ich nezávisle jeden od druhého. Meracie zariadenie sa dá taktiež ovládať cez rozhrania RS232 a RS422.

9 MicroEpsilon scanCONTROL 2800 - 100, jeho základné vlastnosti a princíp merania laserom (triangulačný princíp merania)

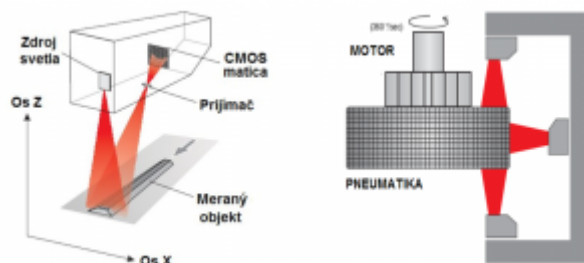


Obrázok 9: Senzor spoločne s jeho riadiacim kontrolerom spoločne tvoriaci meracie zariadenie scanCONTROL LLT 2800-100

V mnohých laboratóriách, alebo pri priemyselných meracích aplikáciách je dôležité vyhodnotiť určitú časť meraného objektu - profil. Laserové meranie profilov je určené na rýchle a zároveň efektívne vyriešenie takéhoto problému.

Čiarové laserové meracie zariadenie scanCONTROL LLT 2800-100 využíva triangulačný princíp pre dvojdimenzionálne snímanie profilov na najrozličnejších povrchoch merania - scanovania. Na rozdiel od iných bodových laserových senzorov,

čiarový optický merací systém scanCONTROL LLT 2800-100 premieta na povrch meraného objektu laserovú úsečku. Difúzna zložka odrazu laserového lúča je následne zaznamenávaná cez spätnú optiku na polovodičovom prvku (CMOS matici). Po tomto kroku dochádza k vyhodnoteniu dát a teda vzdialenosti meracieho objektu (os Z) spoločne s dĺžkou laserovej úsečky (os X) vo vyhodnocovacej elektronike. Tá následne odošle výsledky merania na výstup zariadenia a to konkrétne v dvojdimenzionálnom súradnicovom systéme.



Obrázok 10 a 11: Princíp merania a príklad jeho aplikácie

10 MicroEpsilon iConnect

10.1 Predprogramované knižnice a úvod do iConnectu

Vývojové prostredia ako Microsoft Visual Studio, Eclipse, resp. Borland Builder neponúkajú žiadne vstavané komponenty pre rozpoznávanie obrazu, preto je nutné si buď vytvoriť vlastné knižnice, alebo využívať tie, ktoré sú už k dispozícii. Vytvorenie vlastných modulov je však časovo aj finančne veľmi náročné, preto je vhodné siahnuť práve po druhej možnosti, ktoré využívajú SW nástroje ako Matlab, alebo iConnect.

V postate je možné nájsť a využívať softwarovým nástrojom dva druhy knižníc:

1. knižnice na rozpoznávanie tvarov a farieb,
2. špeciálne knižnice na rozpoznávanie pohybu.

Jedným z komponentov patriacich do prvej skupiny je komponent (modul) softwaru vyvinutého nemeckou spoločnosťou MicroEpsilon. Názov tohto softwaru je iConnect a je kompletne naprogramovaný v jazyku C++ vo vývojovom prostredí Microsoft Visual Studio C++ 6.0. Tento projekt je zameraný práve na iConnect a daná úloha je riešená jeho pomocou.

iConnect, tak ako aj iné programovacie jazyky, používa prehľadne navrhnuté používateľské prostredie (Human Machine Interface), ktoré je rozvrhnuté do štyroch skupín. Sú nimi Main menu, Project window, Module Library a Development window.

10.2 Fázy tvorenia SW v prostredí iConnect

Vývoj softwaru určeného na spracovanie údajov, získaných či už pomocou hardwarového zariadenia, alebo ako výstup iného programu, v prostredí iConnect, je rozdelený do troch etáp nazývaných aj krokmi spracovania. V tejto práci sme sa zaoberali rozpoznávaním obrazu, preto sa budeme snažiť jednoducho opísať jednotlivé fázy aplikované práve na rozpoznávanie obrazu. Sú nimi Signal Recording, Signal Processing a Signal Visualization, ktoré postupne za sebou nasledujú.



Obrázok 12: Diagramové znázornenie fáz tvorenia SW v iConnecte

Signal Recording

Prvá fáza, ktorou je Signal Recording, je určená na zber (zachytávanie) dát, či už za pomoci špecializovaného hardwaru, alebo ako výstup z iného zariadenia alebo programu. My sme v tejto fáze zberali dáta z meracieho zariadenia scanCONTROL LTT 2800-100 pripojeného k počítaču za pomoci FireWire rozhrania a k iConnectu za pomoci modulu CMU1394.

Signal Processing

Druhá fáza tvorenia SW, Signal Processing, je určená na spracovanie zozbieraných dát, v našom prípade profilov. V tejto fáze sa definujú a tvoria výpočtové a zhodnocovacie algoritmy, a to za pomoci použitia parametrizačných modulov. Ak nám nevyhovuje žiadny z dostupných modulov máme možnosť si doprogramovať vlastný modul v prostredí Visual Studio C++ a používať ho tak, ako aj ostatné štandardne dostupné v iConnecte.

Signal Visualization

Tretou je fáza Signal Visualization. Tá reprezentuje jasne a zreteľne bežiacu aplikáciu. V podstate ide o fázu v ktorej sa tvorí celkový vzhľad (vizualizácia) a teda používateľské prostredie v ktorom bude budúci používateľ aplikácie pracovať.

10.3 Knižnica Modulov (Module library)

Knižnica modulov je jednou z najdôležitejších častí iConnectu pretože obsahuje všetky moduly, ktoré má vývojár k dispozícii a môže za pomoci nich vytvárať nový software.

10.4 Moduly CMU1394 a LTT2800

Medzi dva najpotrebnejšie moduly, ktoré sme pri tvorbe softwaru k zariadeniu scanCONTROL LTT 2800-100 potrebovali boli moduly CMU1394 a LTT2800.

Modul CMU1394 slúži na prácu so zariadeniami, ktoré sú pripojené k PC cez rozhranie FireWire a ktoré podporujú štandard DCAM 1.30. V tejto práci bol použitý práve modul CMU1394 a to na pripojenie meracieho zariadenia scanCONTROL k PC.

Modul LTT2800 slúži na generovanie dát, určených na ďalšie spracovanie modulmi z skupiny Image Processing, z profilov / obrázku / videa zachytených modulom CMU1394, uložených na disku, alebo získaných za pomoci iného softwarového nástroja.

11 Realizácia snímania a rozpoznávania obrazu

Predmet určený na scanovanie - snímání je umiestnený na pevnom vodorovnom podklade, aby nedošlo k nerovnomernému scanovaniu vzdialenosťami tohto podkladu. Podklad je tvorený pohyblivou kovovou doštičkou s vyznačenými mierkami, ktorá je súčasťou manipulátora. Tento podklad by mal mať ideálne rovnú plochu a mal by byť

vyrobený z materiálu, ktorý vôbec (čo najmenej) odráža lúč laseru.

Práve kvalita podkladu snímaného predmetu a vysoká stabilita (zabránenie chvenia, rezonancie, neplynulého pohybu) celého meracieho zariadenia patria k prvoradým aspektom potrebným pre čo najpresnejšie výsledky merania.

Náš manipulátor sa najskôr priblíži k okraju scanovaného predmetu v smere osi X a v tom momente sa začne pohybovať os Z zo svojej maximálnej polohy smerom dole pokiaľ senzor umiestnený na jeho konci nezaregistruje snímaný predmet v jeho blízkosti. Po zaregistrovaní predmetu dochádza k posunu osi X smerom zo štartovacej polohy (označenie značkou X na podklade) smerom dozadu a následnému snímaniu predmetu laserom konštantnou rýchlosťou po profiloch (pohyb dopredu v smere osi X), z ktorých je vyskladaný obraz spoločne s jeho rozmermi v maticovom systéme.

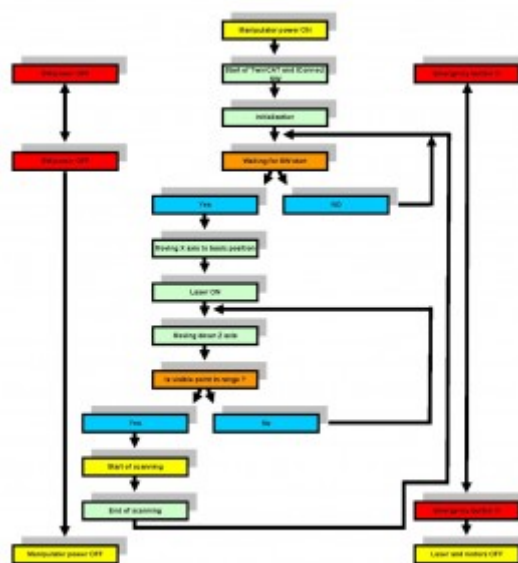


Schéma 1: Schéma princípu snímania obrazu za pomoci vlastného algoritmu

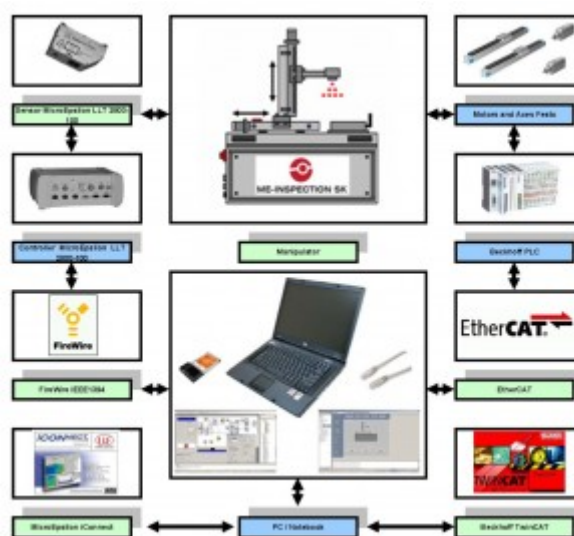


Schéma 2: HW a SW komponenty meracieho zariadenia

12 Záver

Potreba riešenia konkrétneho problému v oblasti automatizácie a riadenia v reálnych

podmienkach viedla k získaniu prehľadu dostupných riešení v oblasti priemyselných manipulátorov určených k snímaniu a vyhodnocovanie obrazu, od konštrukcie až po riadenie. Konštrukcia s ohľadom na budúce využitie zariadenia vychádzala z minulých skúseností spoločnosti ME-Inspection SK, kde sme sa našou prácou zaoberali.

Softwarová stránka projektu, či už TwinCAT, alebo iConnect vychádzala z niekoľkomesačného štúdia a práce, ktorú sme úspešne zvládli.

Počas našej práce sme sa stretli s viacerými závažnými problémami a to najmä v oblasti komunikácie medzi Beckhoff PLC s modulárnym programovacím vývojovým prostredím iConnect. Ďalšou, ale nemenej výraznou prekážkou, bolo obmedzenie iConnectu 30-mi modulmi pre skúšobné/vzdelávacie účely a tiež správna parametrizácia kľemy KL2541. Práca nebola jednoduchá, ani časovo nenáročná. Ale bola podnetná a tvorivá. Posunula nás o krok vpred v našich vedomostiach a skúsenostiach.

Po realizácii práce na tomto projekte sa nazdávame, že naše zariadenie je plnohodnotným prístrojom ktorý podporuje najnovšie automatizačné a aplikačné technológie. Plne ich prevádza do využitia, ktoré je takmer totožné ako využitie podobných prístrojov v priemyselnej praxi. Práve v praxi sa môžeme so zariadeniami podobného typu konštrukcie a typu funkcie (využitia) stretnúť v gumárenskom priemysle pri testovaní chybovosti pneumatík, vajcovitosti pláštá, alebo zisťovaní rozmerov a defektov ráfika.

Elektrotechnická, mechanická a používateľská dokumentácia spoločne s dodržanými normami sa v blízkej dobe objaví na stránkach spoločnosti MEInspection SK s.r.o., ktorej by sme sa chceli tiež touto cestou poďakovať.

13 Odkazy na literatúru

1. <http://www.micro-epsilon.com/en/Measurementdevices/profile-sensor/>
2. <http://www.microepsilon.com/en/Software/ICONNECT/>
3. <http://www.beckhoff.de/>
4. <http://www.dyger.cz/czech/czech.htm>
5. [http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/6E9BAD88D4F7954FC125733800366E43/\\$FILE/Zdroj.html](http://www.rokovania.sk/appl/material.nsf/0/6E9BAD88D4F7954FC125733800366E43/$FILE/Zdroj.html)
6. <http://www.ethercat.org>

Marián Šrámek, ME-Inspection SK s.r.o.

Zoltán Lelkes a Peter Drahoš Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky STU, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava.

