

Lokalizacija mobilnega robota z uporabo različnih senzorjev

Luka TESLIĆ, Igor ŠKRJANC, Gregor KLANČAR

Izvleček: V članku obravnavamo lokalizacijo mobilnega robota z uporabo različnih senzorjev in globalnega zemljevida okolice. Nabor senzorjev, uporabljen v procesu lokalizacije, vključuje inkrementalne merilnike zasuka, laserski merilnik razdalj in stereo kamero. Algoritem za lokalizacijo, ki sloni na razširjenem Kalmanovem filtru (EKF), je implementiran in testiran na mobilnem robotu Pioneer 3-AT. Predikcija (EKF) lege robota je opravljena s simulacijo kinematičnega modela robota. V primeru uporabe laserskega merilnika razdalj robot zgradi lokalni zemljevid okolja, sestavljen iz daljic, ki se nato primerja z globalnim zemljevidom okolja. Korekcija lege robota je izvršena z minimizacijo razlike med parametri daljic lokalnega zemljevida in parametri daljic globalnega zemljevida, transformiranimi v lokalne koordinate robota. Podoben pristop je uporabljen v primeru stereo kamere, kjer primerjamo značilke, ocenjene na osnovi meritev, ter značilke, shranjene v globalnem zemljevidu.

Ključne besede: mobilni robot, senzorji, lokalizacija

■ 1 Uvod

Poznavanje točne lokacije mobilnega robota je ključnega pomena za njegovo zanesljivo avtonomno delovanje [1, 5]. Postopek določevanja pozicije imenujemo lokalizacija. Osnovna ideja pri uspešni lokalizaciji je združevanje informacije več senzorjev. Najbolj pogosti senzorji so senzorji pomika (relativna informacija), ki lahko dajejo novo informacijo z relativno visoko frekvenco osveževanja. Lokalizacija le na osnovi teh senzorjev je podvržena akumulaciji vseh pogreškov (šum, zdrs koles, napaka radija kolesa, ...). Zato je potrebno uporabiti tudi senzorje, ki podajajo absolutno informacijo iz okolja (laserski merilniki razdalj, kamere, radarji, ...). Z zaznavanjem okolice in upoštevanjem zemljevida okolice lahko s temi senzorji omejimo napako pri lokalizaciji. Integraci-

Luka Teslić, univ. dipl. inž., prof.
dr. Igor Škrjanc, univ. dipl. inž.,
doc. dr. Gregor Klančar, univ.
dipl. inž.; Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za elektrotehniko

ja senzorjev za namen lokalizacije je izvedena z razširjenim Kalmanovim filtrom (EKF), kjer je predikcija EKF-ja dobljena s simulacijo kinematičnega modela robota. Korekcija EKF-ja pa je izvedena z uporabo omenjenih absolutnih senzorjev tako, da se trenutni senzorski podatki ujema z globalnim zemljevidom okolja.

■ 2 Predstavitev sistema

Mobilni robot na *sliki 1* je opremljen z več različnimi senzorji. V postopku lokalizacije trenutno uporabljamo le tri vrste senzorjev: merilnik zasuka (inkrementalni enkoder), laserski merilnik razdalj ter stereo kamero. Merilnik premika podaja zasuk koles glede na prejšnji zasuk. Laserski merilnik izmeri množico razdalj do ovir v prostoru ter kote, pod katerimi so te razdalje izmerjene glede na lego robota. S pomočjo stereo kamere lahko ocenimo 3D-pozicije razpoznanih značilk v prostoru.

Osnovna ideja uporabe omenjenih senzorjev je, da z njihovo pomočjo ocenimo pozicijo robota v prostoru. Z inkrementalnimi enkoderji in po-



Slika 1. Mobilni robot, opremljen z različnimi senzorji

znano kinematiko mobilnega robota v grobem ocenimo pozicijo robota v prostoru. Popravke te ocene pozicije pa izvajamo s pomočjo uporabe absolutnih senzorjev (laserski merilnik razdalj in stereo kamera), kjer gre v osnovi za primerjavo meritev in znanega zemljevida okolice.

Pri določitvi kinematike mobilnega robota uporabimo model z diferencialnim pogonom, ki je matematično dobro definiran ob predpostavki idealnega kotaljenja. Kinematiko robota s *slike 1* lahko ob določenih

predpostavkah in poenostavitvah predstavimo z diferencialnim pogonom. Model gibanja mobilnega robota je torej podan z

$$\begin{aligned}x(k+1) &= x(k) + \frac{R(k)}{2}(\omega_R(k) + \omega_L(k))\cos\phi(k) \\y(k+1) &= y(k) + \frac{R(k)}{2}(\omega_R(k) + \omega_L(k))\sin\phi(k) \\ \phi(k+1) &= \phi(k) + \frac{R(k)}{L}(\omega_R(k) - \omega_L(k)) \\ R(k+1) &= R(k)\end{aligned}\quad (1)$$

kjer je radij kolesa – R , razdalja med kolesi – L , w_R je kotna hitrost vrtenja desnega kolesa, w_L je kotna hitrost vrtenja levega kolesa in T je čas vzorčenja. Stanja našega sistema so torej lokacija robota v globalnem koordinatnem sistemu ter radij kolesa, ki se v nominalnem modelu ne spreminja, njegova vpeljava [4] bo pojasnjena v nadaljevanju.

Nominalni (brez prisotnosti pogreškov, šumov) opis sistema je podan z nelinearno relacijo $\mathbf{x}(k) = f(\mathbf{x}(k), \mathbf{u}(k))$, ker so stanja podana z $\mathbf{x}(k) = [x(k) \ y(k) \ \phi(k) \ R(k)]^T$ in so vhodi v sistem $\mathbf{u}(k) = [\omega_R(k) \ \omega_L(k)]^T$. Seveda pa med delovanjem sistema pravi vektor stanj in vhodov ni poznan, izračunamo lahko le njegovo oceno stanj $\hat{\mathbf{x}}(k)$ in povprečne izmerjene vhode (iz enkoderjev) $\bar{\mathbf{u}}(k)$.

Videz in opis omenjenih senzorjev podajamo v nadaljevanju.

2.1 Merilnik zasuka koles

Inkrementalni merilnik zasuka se na mobilnem robotu primarno uporablja za hitrostno regulacijo, kjer ločeno merimo hitrost vrtenja vsakega kolesa robota. Če integriramo meritve zasuka (odometrija) preko kinematike, podane v (1), lahko ocenimo lego robota. Zaradi šuma in zdrsovanja koles in pristranskosti meritve (napačen podatek o radiju) se nam napaka ocenjene pozicije seveda akumulira.

Uporabljeni merilnik zasuka prikazuje *slika 2*.

Merilnik odlikuje njegova vestransko v smislu možnih načinov delovanja (absolutni enkoder, inkre-



Slika 2. Absolutni merilnik zasuka AM512

mentalni enkoder, linearni izhod ali digitalni izhod), kompaktna izvedba, hitrost delovanja (uporaben do 30000 RPM) ter 9-bitna ločljivost meritve kota (resolucija 360°/512).

2.2 Laserski merilnik razdalj

Eden od pomembnejših senzorjev na mobilnem robotu je laserski merilnik oz. pregledovalnik razdalj LMS 200 (*slika 3*). Ta senzor izmeri razdalje do objektov v neki ravnini. Območje pogleda ima 180° in v tem območju lahko izmeri razdaljo do predmetov na vsako 1° (oz. 1/2°, 1/4°). Območje merjenja senzorja je od 0,1 m do 80 m pri resoluciji 10 mm – gre torej za zelo zmogljiv senzor.



Slika 3. Laserski merilnik razdalj LMS200

2.3 Stereo slikovni senzor

Uporabljena stereo kamera Bumblebee2 je prikazana na *sliki 4*. Gre za časovno sinhroniziran par barvnih kamer, kar pomeni, da sliki nastaneta ob istem času. Slednje je predvsem pomembno pri opazovanju gibajočih se predmetov oziroma opazovanju okolice med gibanjem robota.



Slika 4. Stereo slikovni senzor Bumblebee2

Resolucija kamere je 640 x 480 slikovnih elementov za levo in desno kamero. Gre za digitalno kamero s protokolom firewire IEEE 1394. Slika kamere je v formatu RAW16 (Bayer filter), kjer sode vrstice vsebujejo rdeče in zeleno komponento slikovnih elementov, lihe pa zeleno in modro. Stereo sliko je potrebno pred uporabo v algoritmih razpoznavanja pretvoriti iz formata RAW16 v polni format RGB za levo in desno kamero, kar storimo s pomočjo algoritma na osnovi interpolacije.

3 Lokalizacija mobilnega robota

Za rešitev problema lokalizacije je privzeten pristop z razširjenim Kalmanovim filtrom (EKF) ob predpostavki, da robot že ima zgrajen globalni zemljevid okolja. Predikcija lege robota v EKF je izvršena s simulacijo diskretiziranega modela (1), ki ima na vhodu meritvi kotne hitrosti vrtenja koles robota (w_R in w_L). Meritvi sta moteni s šumom, kar lahko modeliramo z

$$\omega(k) = \bar{\omega}(k) + \bar{\omega}(k)w_m(k) + w_a(k) \quad (2)$$

kjer je $w_m(k)$ multiplikativna komponenta prispevka šuma (zdrsovanje koles) in $w_a(k)$ aditivna komponenta (pristranskost meritve, pristranskost osi, napačen podatek o radiju, ...). Šuma sta pri merjenju kotne hitrosti z enkoderjem na obeh kolesih statistično neodvisna. Predpostavimo, da imata normalno porazdelitev z ničelnim povprečjem.

Nadalje pa vpeljimo še možnost spreminjanja radija kolesa (predpostavka naključne hoje), s katerim opišemo neraven teren in različne obremenitve

$$R(k) = \hat{R}(k|k) + Tw_R(k) \quad (3)$$

kjer je $\hat{R}(k|k)$ trenutna ocena radija kolesa in $w_R(k)$ šum radija koles.

Iz ocenjenih poznanih stanj $\hat{\mathbf{x}}(k|k)$ v trenutku k ($t = kT$) in izmerjenih vhodov $\bar{\mathbf{u}}(k)$ lahko na osnovi modela sistema (1) določimo predikcijo stanj za časovni trenutek $k + 1$

$$\hat{\mathbf{x}}(k+1|k) = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}(k|k), \bar{\mathbf{u}}(k)) \quad (4)$$

3.1 Lokalizacija z laserskim merilnikom

Za potrebe lokalizacije mora biti najprej zgrajen lokalni zemljevid okolja. Ta je podan z bazo parametrov daljic, ki opišejo tloris opazovanega prostora. Tukaj je predpostavljeno, da robot pozna globalni zemljevid okolja, sestavljen iz množice daljic, ki so opisane z robnimi točkami in parametri normalne enačbe premice glede na globalne koordinate.

Laserski senzor oddaljenosti v vsakem časovnem koraku vrne množico razdalj $d_s = [d_{s_0^\circ}, \dots, d_{s_{180^\circ}}]$ do ovir (npr. stena) pri kotih $\theta_s = [0^\circ, \dots, 180^\circ]$. Šum laserskega merilnika modeliramo z naslednjim modelom

$$d_i(k) = \bar{d}_i(k) + \frac{\bar{d}_i(k)}{d_{\max}} N(0, \sigma) \quad (5)$$

kjer je $\bar{d}_i(k)$ dejanska vrednost izmerjene razdalje, $N(0, \sigma)$ pomeni normalno porazdeljen šum z ničelnim povprečjem in variance σ , i pa predstavlja indeks meritve, ki ustreza kotu meritve ($i = 1, \dots, 180$). Če je razdalja d_i velika, je vpliv šuma sorazmerno večji.

Za potrebe lokalizacije mora biti najprej zgrajen lokalni zemljevid okolja, ki ga določimo iz trenutnih meritev laserskega senzora. Vse zaporedne točke laserskega posnetka, pri katerih je prišlo do odboja, so

$$\begin{aligned} x_L &= d_s \cos \theta_s \\ y_L &= d_s \sin \theta_s \end{aligned} \quad (6)$$

Vse točke začetnega roja so razdeljene v več rojev, če je razdalja med dvema zaporednima točkama večja

od praga. Končno je vsak roj reduciran v zaporedje daljic z algoritmom razdeli in zlij [1], ki ga lahko povzamemo v petih korakih:

1. korak: Roj S_i je sestavljen iz N točk. Vstavitev S_i v seznam L .
2. korak: Izračun parametrov premice za naslednji roj S_i iz seznama L .
3. korak: Določitev točke P z največjo razdaljo d_p od premice.
4. korak: Če je d_p manj kot prag, nadaljevanje (na korak 2).
5. korak: Sicer razdelitev S_i pri P v $S_{i,1}$ in $S_{i,2}$, zamenjava S_i v L z $S_{i,1}$ in $S_{i,2}$, nadaljevanje (na korak 2).

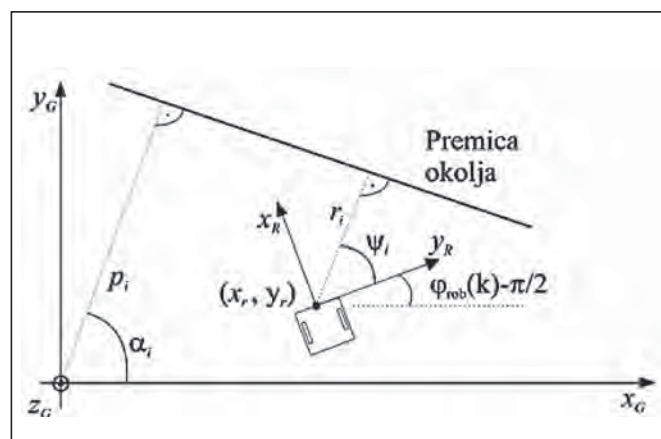
Z omenjenim algoritmom določimo parametre premic, ki opišejo trenutni laserski posnetek okolja. Parametri premic so podani v normalni obliki. Daljice vseh rojev S_i ($i = 1, \dots, N$) so združene v lokalni zemljevid S in so opisane z robnimi točkami in parametri y_i in r_i normalne enačbe premice glede na koordinate robota (slika 5)

$$x_L \cos \psi_i + y_L \sin \psi_i = r_i \quad (7)$$

Tukaj predpostavimo, da robot pozna globalni zemljevid okolja G , sestavljen iz množice daljic, ki so opisane z robnimi točkami in parametri normalne enačbe premice a_i in p_i glede na globalne koordinate

$$x_G \cos \psi_i + y_G \sin \psi_i = p_i \quad (8)$$

Ko je lokalni zemljevid S zgrajen, je potrebno poiskati daljice G_i iz globalne mape G , ki pripadajo istim



Slika 5. Parametri premic (p_i, a_i) glede na globalne koordinate in parametri premic (r_i, y_i) glede na koordinate robota

daljicam v okolju (npr. stena) kot daljice S_i ($i = 1, \dots, N$) z lokalnega zemljevida S . Strategijo za iskanje parov lahko najdemo v [3]. Če je lega robota poznana, lahko parametre a_i in p_i daljic G_i v globalni mapi (glede na globalne koordinate) transformiramo v parametre y_i in r_i (glede na koordinate robota).

3.2 Lokalizacija s stereo vidom

Podobno kot za merilnik razdalj nakažimo še postopek korekcije z meritvami na osnovi strojnega vida s stereo kamerama.

Pri lokalizaciji s stereo kamero gre za iskanje v literaturi uveljavljenih značilk SIFT (Scale Invariant Feature Transforms), ki so zaradi neodvisnosti od osvetljenosti, povečave in rotacije slike zelo primerne za lokalizacijo mobilnega robota. Dober primer lokalizacije s pomočjo stereo vida lahko najdemo v [1]. Izhod meritve stereo kamer je pozicija značilk v prostoru, podana z

$$\mathbf{z}_v(k) = \begin{bmatrix} z_{v_x}(k) \\ z_{v_y}(k) \\ z_{v_z}(k) \end{bmatrix} = \frac{I}{d} \begin{bmatrix} c - u_0 \\ v_0 - r \\ f \end{bmatrix} \quad (9)$$

kjer sta c in r horizontalna in vertikalna koordinata slikovnega elementa na desni kameri, u_0, v_0 podajata središče slike, I je razdalja med kamerama, f je goriščna razdalja in $d = c_l - c_d$ je dispariteta (razlika horizontalnih komponent slikovnih elementov leve in desne kamere, ki pripadata isti točki v prostoru). Za vhodne spremenljivke (c, r, d) predpostavimo normalno porazdelitev šuma s standardnimi deviacijami s_c, s_r in $s_d = 2s_c$. Kovariančna matrika meritve na osnovi modela (9) je podana z

$$\hat{\mathbf{O}}_z(k) = M \begin{bmatrix} \sigma_c^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_r^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_d^2 \end{bmatrix} M^T \quad (10)$$

kjer je $M = \frac{\partial \mathbf{z}_v(k)}{\partial \mathbf{w}}$ in $\mathbf{w} = [c \ r \ d]^T$.

Ob vsaki meritvi s stereo kamerami torej izračunamo značilke SIFT in jim z relacijo (9) določimo pozicijo v koordinatnem sistemu robota. Najdenim značilkam poiščemo pare z globalnega zemljevida. S pomočjo poznanih globalnih pozicij značilke z globalnega zemljevida in ocenjenih pozicij teh istih značilke na osnovi meritev lahko ocenimo oz. izboljšamo lego robota z uporabo Kalmanovega filtra.

■ 4 Integracija informacij senzorjev

Združevanje informacij predstavljenih senzorjev opravimo z razširjenim Kalmanovim filtrom, kjer sta predikcijski in korekcijski del prikazana v nadaljevanju.

4.1 Predikcijski del Kalmanovega filtra

Iz ocenjenih vrednosti stanj in kovariančnih matrik šumov naredimo njihove predikcije. Predikcijo stanj izračunamo na osnovi nelinearnega kinematičnega modela

$$\hat{\mathbf{x}}(k+1|k) = \mathbf{f}(\hat{\mathbf{x}}(k|k), \mathbf{u}(k))$$

Predikcijo kovariančne matrike pogreškov stanj (merilo ocenjene točnosti ocene stanj) pa z

$$\mathbf{P}(k+1|k) = \mathbf{F}(k)\mathbf{P}(k|k)\mathbf{F}^T(k) + \mathbf{G}(k)\hat{\mathbf{O}}(k)\mathbf{G}^T(k)$$

4.2 Korekcijski del Kalmanovega filtra

Namen korekcije je izboljšati predikcijsko oceno stanj sistema, dobljeno v prejšnjem računskem koraku. Korekcijo lahko izvedemo šele tedaj, ko imamo podatek o meritvi $\mathbf{z}_v(k)$ (iz laserskega merilnika oziroma stereo kamere). Za izračun inovacije, ki predstavlja bistven del korekcije, moramo izmerjenim značilkam najti pare na globalnem zemljevidu

značilke. Da lahko določimo inovacijo oz. residual, najprej pretvorimo globalni marker oz. značilko (parametri daljic v primeru laserskega senzorja ali pozicija značilke SIFT v primeru stereo kamere z globalnega zemljevida) \mathbf{b}_p , ki se ujema z meritvijo $\mathbf{z}_v(k)$, v koordinatni sistem robota. Transformirano globalno značilko označimo z $\hat{\mathbf{z}}_v = [\hat{z}_{vx} \ \hat{z}_{vy}]^T$.

Korekcijo stanj robota nato izračunamo z

$$\hat{\mathbf{x}}(k|k) = \hat{\mathbf{x}}(k|k-1) + \mathbf{W}(k)[\mathbf{z}_v(k) - \hat{\mathbf{z}}_v]$$

in kovariančne matrike

$$\mathbf{P}(k|k) = \mathbf{P}(k|k-1) - \mathbf{W}(k)\mathbf{S}(k)\mathbf{W}(k)^T$$

kjer je

$$\mathbf{W}(k) = \mathbf{P}(k|k-1)\mathbf{H}^T(k)\mathbf{S}^{-1}(k)$$

matrika ojačanja filtra, $[\mathbf{z}_v(k) - \hat{\mathbf{z}}_v]$ je residual meritve oz. inovacija, $\mathbf{S}(k) = \mathbf{H}(k)\mathbf{P}(k|k-1)\mathbf{H}^T(k) + \hat{\mathbf{O}}_z(k)$ je kovariančna matrika inovacije (residuala meritve) in $\mathbf{H}(k)$ je matrika, ki preslika stanja sistema v prostor meritev (observacij), podana z

$$\mathbf{H}(k) = \partial \hat{\mathbf{z}}_v / \partial \hat{\mathbf{x}}(k|k-1)$$

■ 5 Zaključek

V prispevku smo prikazali uporabo Kalmanovega filtra pri lokalizaciji mobilnega robota. Pristop je primeren pri lokalizaciji mobilnega robota s pomočjo zaznamkov različnih senzorjev, kjer gre za združevanje informacij več senzorjev. Prikazani pristop smo tudi ovrednotili z različnimi simulacijami.

Ponavadi je informacija enkoderjev pogostejše na voljo kot pa informacija senzorjev, ki jih potrebujemo za korekcijo. V tem primeru v regulacijski zanki izvajamo predikcijo vsak časovni vzorec, korekcijo pa le takrat, ko imamo novo informacijo iz absolutnega senzorja. Ko izvajamo samo predikcijo, vzamemo za korekcijsko oceno vrednosti stanj in kovariančne matrike, dobljene na osnovi predikcije. Če imamo več absolutnih senzorjev, s katerimi želimo izvesti lokalizacijo, naredimo korekcijo za vsak senzor posebej.

Predstavljeni problem obravnava lokalizacijo, kjer moramo imeti že vnaprej pripravljen zemljevid značilke. Če zemljevida nimamo, je potrebno uporabiti algoritme SLAM, ki so v osnovi podobni (a kompleksnejši) predstavljenemu pristopu lokalizacije. Filter ima še dodatna stanja – pozicije značilke v prostoru (z gradnjo zemljevida se število stanj povečuje), ki jih, ko jih zaznamo prvič, dodajamo, v naslednjih iteracijah pa korigiramo (zmanjšujemo varianco za ta stanja) in tako gradimo zemljevid.

Reference

- [1] S. Se, D. L. J. Little, Mobile robot localisation and mapping with uncertainty using scale-invariant visual landmarks, "The International Journal of Robotics Research", vol. 21, no. 8, str. 735–758, 2002.
- [2] V. Nguyen, A comparison of line extraction algorithms using 2d laser rangefinder for indoor mobile robotics, "Conference on Intelligent Robots and Systems", IROS 2005, Edmonton, Canada, 2005.
- [3] A. Rossi, A. Vicino, A. Garulli, A. Giannitrapani, Mobile robots slam for line-based environment representation, "44th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference", 2005.
- [4] E. Nebot, "Simultaneous Localization and Mapping 2002 Summer School", <http://www.cas.kth.se/SLAM/toc.html>, 2007.
- [5] L. Tesli, I. Škrjanc, G. Klančar, Uporaba senzorjev pri lokalizaciji mobilnega robota. V "Sensorji in aktuatorji: zbornik referatov. Ljubljana: TC SEMTO", 2008.

Opisana obravnava senzorjev pri lokalizaciji mobilnega robota je bila predstavljena na konferenci SEMTO 2008.



Združenje kovinske industrije

Mobile robot localization using different sensors

Abstract: The problem of localization of a mobile robot while using different sensors and global environment map is presented. Sensor set used in localization process consists of incremental encoder, laser range scanner and stereo camera. Localization algorithm based on Extended Kalman Filter (EKF) is implemented and tested on mobile robot Pioneer 3-AT, where odometric prediction of the robot's pose is performed by simulating the kinematic model of the robot. In case of laser range scanner robot builds local environment map composed of line segments, which is matched to global environment map. Correction of the robot pose is performed by minimizing the difference between the line parameters of local map and line parameters of global map transformed to the robot's local coordinates. Similar procedure is followed using stereo camera where from measurements estimated features are compared to features stored in global map.

Key words: mobile robot, sensors, localization

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

MOOG

Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

- preverjena kvaliteta še nedavno pod "BOSCH-evo" prodajno znamko,
- robustna izvedba in visoka obrabna odpornost omogočata dolgo življenjsko dobo črpalke,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, polioli, ter seveda za mineralna, transmisijska ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalke.



ZASTOPA IN PRODAJA
PPT commerce d.o.o.
 Pavšičeva 4
 1000 Ljubljana
 Slovenija
 tel.: +386 1 514-23-54
 faks: +386 1 514-23-55
 e-pošta: ppt_commerce@siol.net

Moogovi servo ventili, proporcionalni ventili in radialno-batne črpalke so sestavni deli najboljših hidravličnih sistemov.

Brez njih si ne moremo zamisliti delovanje strojev za brizganje plastike in aluminija, strojev za oblikovanje v železnarh in lesni industriji, v letalih in napravah za simulacijo vožnje.

Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



Servo krmilni sistemi za vozila- viličarje, traktorje, gradbene stroje ...



 **MOOG HYDRAULIC**



IFAM
 international trade fair of
 automation & mechatronic

27.-29. 01. 2010

hall K, Celje, Slovenia www.ifam.si

Mednarodni strokovni sejem za avtomatizacijo, robotiko, mehatroniko, ...

International Trade Fair for Automation, robotics, mechatronic, ...

icm

PASSION FOR PERFECTION
ifam@icm.si