

# Bionski sistemi v industriji (BAS Bionic Assembly System)

## Novi koncept samoregulacije večrobotskega sistema

Janez ŠKRLEC

Spreminjanje proizvodnega okolja, za katerega so značilne agresivna konkurenca na svetovni ravni in hitre spremembe procesnih tehnologij, zahteva ustvarjanje novih proizvodnih sistemov, ki jih je mogoče enostavno nadgraditi in v katere se lahko nove tehnologije in nove funkcije zlahka vključijo. Da bi se odzvali na te nove zahteve, na kratko predstavljamo **Bionic Assembly System (BAS)**. BAS temelji na konceptih avtonomije, sodelovanja in inteligence svojih enot. Sistem predlaga uporabo avtonomnih mobilnih robotov neposredno v proizvodnem okolju. Mobilni roboti omogočajo fleksibilnost sistema in povečujejo dinamiko celotnega procesa. V tem članku je koncept sistema predstavljen s poudarkom na mobilnih robotih, ki so v danem primeru hrbtenica sistema

Da bi se lahko odzvala na povpraševanje kupcev in ostala konkurenčna v 21. stoletju, morajo imeti proizvodna podjetja novo vrsto proizvodnega sistema, ki se lahko hitro odziva na svetovni trg.

Novi sistem mora biti zasnovan za enostavno nadgrajevanje z novo tehnologijo, enostavno prilagodljiv za nove vrste izdelkov, katerih proizvodna zmogljivost se spreminja in mora biti hitro nastavljiva. Zdajšnji sistemi, imenovani FMS (Flexible Manufacturing Systems), nimajo takih značilnosti. Globalni svetovni trg zahteva spremembo obstoječih proizvodnih sistemov. Stroškovno učinkovite, rekonfigurabilne proizvodne sisteme, katerih sestavni deli so rekonfigurabilni stroji in krmiljeni kontrolorji, pa tudi metodologije za njihovo sistematično načrtovanje in diagnozo, so temeljni kamni proizvodnih sistemov 21. stoletja. Razvoj BAS rešuje: pomanjkanje prožnosti pri raznovrstnih izdelkih in njihovi uporabi, pomanjkanje fleksibilnosti pri zamenjavi opreme, upoštevajoč vedno večjo kompleksnost proizvodnih sistemov.

Janez Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Polskava



*Uvedba BAS bi rešila vrsto težav, ki jih imajo zdaj nekateri drugi sistemi*

Glavni elementi predlaganega sistema so avtonomni mobilni roboti, ki bi morali delovati samostojno, ekstremno prilagodljivo in v tesni povezavi med seboj in njihovim okoljem. Glavna naloga, ki jo je treba rešiti, je oblikovanje usmerjenega vedenja robota in sodelovanje med različnimi razredi robotov v proizvodnih sistemih in njihovih omejitvah.

### Koncept bionskega sklopa

Če nekoliko poenostavimo, v proizvodnji prevladujeta dve vrsti sistemov: strojni in montažni sistemi.

Sodobni obdelovalni sistemi proizvajajo dele, ki so precej neodvisni od končnega izdelka, narejenega iz teh delov. Strojni sistemi so bolj univerzalni in imajo višjo raven avtomatizacije kot montažni sistemi, zato je montaža najdražja faza v proizvodnji. Ena od prioritarnih raziskovalnih nalog pri razvoju prihodnjih montažnih sistemov je iskanje prožnejših, učinkovitejših in robustnejših sistemov, ki omogočajo veliko večjo stopnjo ponovne uporabe montažnih enot. Za izpolnitev te potrebe je bil predlagan koncept BAS. Koncept sistema so razvili na



*Bionski sistem kot nov koncept samoreguliranja multirobotskih sistemov ponuja predvsem drugačne rešitve*

podlagi resničnega industrijskega povpraševanja, da bi bistveno zmanjšali proizvodne stroške električnih motorjev v masovni proizvodnji. BAS temelji na konceptih avtonomije, sodelovanja in obveščevalnih podatkov. BAS je sestavljen iz dveh podsistemov, tako imenovanega podsistema Core in dodatnega podsistema BAS. Glavni podsistem je osrednji, so pa vsi sistemi razdeljeni s sistemskimi omejitvami. V podsisteme so zajeti: mobilni roboti, montažne postaje, montažne palete, servisna postaja, postaja za nadzor kakovosti in drugo. Mobilni roboti v bioničnem montažnem sistemu so posebej zahtevno področje, ki se sicer razvija v okviru drugih področji (nadzor, humanoidnost sistemov, nevarno okolje in drugo).

Glavnina sedanjih raziskav mobilnosti sistemov Flexible Manufacturing Systems (FMS) vključuje uporabo avtomatskih vodenih vozil (AGV). Ta vozila poenostavljajo vprašanje navigacije tako, da omejujejo njihove poti, upoštevajo način prekrivanja

tal ali predvidijo vkopavanje kablov. Pomembno vprašanje je, kako so takšni sistemi »prožni«. Najsodobnejša tehnologija mobilnih robotov in napovedi prihodnjega razvoja jasno nakazujejo, da bodo v ne v tako oddaljeni prihodnosti mobilni roboti bistveni del vsakega proizvodnega procesa. Roboti se lahko že zdaj inteligentno pomikajo s kraja na kraj, zbirajo dele in jih odpeljejo v ustrezno delovno celico, kar odpira nov, drugačen način strukturiranja proizvodnega okolja. Glavna prednost mobilnih robotov je njihova fleksibilnost. Ob upoštevanju teh dejstev je BAS popolnoma strukturiran za mobilne robote. Za uresničitev BAS so predstavljeni trije mobilni robotski tipi. V BAS obravnavani roboti morajo biti sposobni samostojnega nemotenega delovanja, da se lahko spopadejo z nestrukturiranimi in zelo zapletenimi delovnimi okolji. Mednje sodijo razne negotovosti in dinamični dogodki. Sem lahko štejemo spremembe vhodnih delov, npr. spremenljive možnosti prihodov in položajev, spremenljivo kakovost prihajajočih delov in pra-

vočasno izločitev defektnih, da ne povzročijo napake v sistemu ali postanejo sestavni del kakšnega izdelka. Pomembno je vprašanje mešane serije sestavnih delov in spremenljivost razpoložljivih virov orodij, s katerimi mora biti montažna postaja neposredno koordinirana. Pri odzivu na dinamične dogodke v sklopu samoorganizacijskega sistema je pomembno tudi odpiranje alternativnih montažnih načinov za obhod strojev, povečanje števila zbirnih postaj in transportnih agentov v osnovnih podsistemih proizvodnih zmogljivosti.

Obnašanje avtonomnih mobilnih robotov in sistema kot celote kaže popoln bionski navdih. Biološki organizmi se na primer v popolnosti prilagajajo okoljskim spremembam in težnji po samoohranitvi. BAS je prav to, neprestano prilagajanje okoljskim spremembam, novim situacijam in iskanjem rešitev z razvojem umetne inteligence. BAS bo imel torej vse značilnosti bioloških organizmov, ki navdihujejo proizvodne sisteme in oblikujejo avtono-

mne mobilne robote v takšnih sistemih. Eden najpomembnejših vidikov BAS je uporaba prednostnih nalog, to pa pomeni, da bo vsakemu transportnemu robotu dodeljena prednostna naloga (npr. pomembnost končne montaže). Bionski sistem sestavlja torej nov koncept samoreguliranja multiroboskih sistemov. Ker se število mobilnih robotov v sistemu večja, načrtuje in nadzoruje, sistem postaja vedno bolj zapleten. Metode za obravnavanje takšne kompleksnosti vključujejo centralno kontrolno metodo in decentralizirane metode kontrole. Natančneje, s centralizirano metodo nadzora vse funkcije načrtovanja in odločanja obravnava en kontrolni center. Vsak mobilni robot vsebuje senzorski sistem za lokacijo in za izogibanje oviram, pogon za premike in komunikacije z nadzornim centrom. Vsi gibi mobilnih robotov v sistemu so pod nadzorom tega centra in konfliktna situacije med roboti se rešujejo zelo preprosto. Metoda je bila splošno sprejeta v predelovalnih dejavnostih, v industriji in skladiščih, kjer se za prenos uporablja več mobilnih robotov. Ena večjih pomanjkljivosti sistema pa je ta, da celotni sistem preneha delovati, če kontrolni sistem zazna napako. To je tudi vzrok, da se v BAS uporablja necentralizirane metode kontrole in je to tudi ena od glavnih prednosti sistema.

Veliko število robotov v tovarnah deluje v samostojnih okoljih. Vsi roboti imajo lasten krmilnik in so enako pomembni, torej obstajajo brez visokokakovostnih robotov ali kontrolorjev, ki bi jim dajali posebno naročila. Prometni mobilni robot bo imel splošno znanje o postavitvi naprave in bo določil svoj položaj z globalnim sistemom pozicioniranja. Okolje okrog vozila bo zaznavano s senzorji, nameščenimi na robotu, to pa omogoča robotu dinamičnost pri nepričakovanih ovirah. V vsakem nepredvidljivem položaju lahko robot načrtuje novo pot ali poišče rešitev brez čakanja na ukaz iz nadzornega centra. Funkcija kontrolnega centra je omejena le na oddajanje informacij o prometnih tokovih, prejetih od vseh robotov, in dodeljevanje nalog v sistemu. Da se izboljša delovanje sistema, postaja komunikacija med

robotoma nujna. Usklajevanje delovanja več mobilnih robotov obravnava naslednja vprašanja: kako ustrezno deliti funkcionalnost sistema več robotov, kako uresničiti dinamično konfiguracijo sistema in kako doseči sodelovanje.

Funkcija transportnega mobilnega robota je nositi paleto, na kateri naj bo izdelek prestavljen iz ene zbirne postaje v drugo. Ker ni postaja le en sklop, ki izvaja isti postopek montaže (nekateri deli izdelka so namreč lahko enaki za vse proizvode), mora mobilni robot za prevoz odločati o vsakem koraku sestavljanja, na katerem se nanaša montažna postaja. Na začetku vsakega koraka sestavljanja mora mobilni robot dobiti ustrezne informacije, katera postaja bi lahko nadaljevala korak montaže. Skupne postaje, ki izvajajo procese, pošljejo odgovor z naslednjimi informacijami: čas, potreben za izvedbo koraka montaže (vsaka postaja namreč nima enake hitrosti delovanja), njegov položaj v okolju (potreben za izračun časov prevoza od dejanskega položaja transportnega robota do postaje) ter čas čakanja (čakalna vrsta transportnih robotov, ki čakajo na montažo pred vsako zbirno postajo). Na podlagi teh treh vrednosti se mobilni roboti zanesljivo odločijo, katero montažno postajo izbrati.

Transportni mobilni robot mora biti vedno zmožen, da se izogne statični (zbirni postaji) in dinamični kot so: oskrbovalni roboti in vzdrževalni sistemi energetskega potreb robotov. Za te namene je bil razvit poseben krmilnik, ki usmerja transportni mobilni robot od začetka do konca cikla. Za krmilnik je napisan program v C++ in določena je metoda vektorskih polj histograma za navigacijo. Prvič so navigacijo izvedli po metodi umetnih potencialnih polj, vendar ima še veliko pomanjkljivosti, zato je metoda vektorskih polj histograma v danem primeru boljša rešitev.

Kadar prenaša transportni mobilni robot neko vrsto izdelka, mora na nakladanje v postajo. Tam dobi paleto, na kateri je treba izdelek sestaviti. Potem mora od ene zbirne postaje do druge, da bi sestavil pravo

kombinacijo. Ko je izdelek sestavljen, mora iti na postajo za razkladanje, ki prevzame paleto s končnim izdelkom. V tem trenutku je prevoznik mobilni robot izpolnil svojo nalogo in se lahko vrne na začetno pozicijo (imenovano robotski bazen) in tam počaka na novo naročilo. Ker je robot opremljen tudi s senzorji stanja energetske ravni akumulatorja, mora najprej še na napajalno postajo.

## Zaključek

Zdajšnji obstoječi proizvodni sistemi se žal ne morejo soočiti z globalizacijo industrije in z visokimi zahtevami ob naročilih strank. Ker si podjetja prizadevajo za bolj prilagodljive linije in za zmanjšanje količine serij in krajše cikle izdelkov, so potrebni veliko bolj napredni sistemi. Glavna pomanjkljivost obstoječih sistemov je njihova nefleksibilnost, razlog za to je uporaba AGV. Sistem AVG ne more vplivati na okolje, ne more se spopasti z nepričakovanimi ovirami na svoji poti. S hitrim razvojem avtonomne tehnologije mobilnih robotov je takšne robote mogoče vključiti v proizvodno okolje. Mobilni roboti dajejo nove dimenzije fleksibilnosti sistema in dinamiki celotnega procesa. To je sistem, ki se lahko zelo hitro odzove na zahteve kupcev ter se lahko prilagodi vsem spremembam delovnega okolja. Lahko na hitro vključi tudi nove dele sistema, ne da bi pri tem ustavil proces produkcije. Z vključitvijo prednostnih ravni za različne vrste izdelkov se ta napredni proces lahko uresniči. Z uporabo mobilnih robotov se lahko celotni montažni postopek kadar koli rekonfigurira. Prometni mobilni roboti bodo torej sami izbrali, v katere montažne postaje naj gredo, da bodo porabili čim manj časa v celotnem procesu. V reorganizaciji sistema je odgovor, zakaj je bionski sistem sestavljanja nov koncept samourejanja multirobotskega sistema. Naslednji korak je razviti vrhunsko simulacijo in rekonfiguracijo mobilnih robotov ter algoritme in krmilnike, ki bodo povsem uporabljivi v pravih fizičnih robotih. Za pomembne spremembe je treba spremeniti tudi način razmišljanja in odgovor na to je v bioniki in v razumevanju bioničnih sistemov.