Analiza mogućnosti primene radio frekventne identifikacije u procesu fleksibilne proizvodnje

GLIGORIJE I. MIRKOV, „Politehnika“ – škola za nove tehnologije, Beograd

ZORAN B. BAKIĆ, Ministarstvo privrede,

Sektor za infrastrukturu kvaliteta, Beograd

RADIŠA Ž. ŽUNJANIN, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Beograd

Originalni naučni rad

UDC: 621.396:658.5

DOI: 10.5937/tehnika1706852M

Fleksibilni proizvodni sistemi (FMS) kao složena i stohastička okruženja zahtevaju razvoj inovativnih, inteligentnih upravljačkih arhitektura u cilju poboljšanja fleksibilnosti, agilnosti i rekonfigurabilnosti. Distributivni upravljački sistem bavi se ovim izazovom, uvođenjem optimalnog upravljanja procesom koji je podržan od strane autonomnih upravljačkih jedinica koje sarađuju međusobno. Većina postojećih sistema upravljanja transportom, ima nedostatak fleksibilnosti i agilnosti naročito u slučajevima kada je raznovrsnost proizvoda velika, a mala zastupljenost delova manjeg gabarita. U takvim slučajevima sistem je neosetljiv za slučajne „ad-hok“ događaje. Faza transporta delova kroz fleksibilni obradni sistem može se potencionalno iskoristiti za dobijanje informacija o proizvodu u cilju upravljanje procesom. Radio frekventna identifikacija (RFID) uvedena kao nova tehnologija omogućava: praćenje, identifikaciju i kategorizaciju delova. Ovaj tekst daje postavke o arhitekturi fleksibilne ćelije (FMC) i razmeštaju RFID uređaja sa ciljem distribucije i praćenja delova. U radu se daje primer postavke agent base upravljačke arhitekture FMC-a.

Ključne reči: RFID tehnologija, distributivni sistem upravljanja, FMS, multi-agent sistem, HMS

1. UVOD

Današnja poslovna globalizacija utiče na proizvodna preduzeća da proizvode jeftinije, kvalitetnije i sa što bržom isporukom proizvoda, da bi se obezbedila, ili zadržala konkurentska prednost na nestabilnom tržištu. Fleksibilnost, agilnost i rekonfigurabilnost su tri paradigme koje su dokazano rizici po efikasnost i profitabilnosti preduzeća, te kao takve igraju snažnu ulogu u tom cilju.

U prerađivačkoj industriji, centralizovan sistem upravljanja, sa svojim podsistemima, je uobičajena metoda koja se koristi kod fleksibilnih proizvodnih sistema (FMS). Kontroleri za svaki podsistem na FMS-u poput staničnog, ćelijskog, su hijerarhijski povezani za glavni centralizovani računarski sistem upravljanja koji donosi sve odluke vezane za procese. Primenom RFID u sistemu upravljanja omogućena je ne samo autonomna distribucija delova i monitoring sistema,

već i autonomno rešavanje upravljanja tehničkim procesima unutar podsistema npr. FMC-a (izdvojenog ili kao podsistema FMS). Trenutno, veliki deo napora je potrošen na razvoj novih vrsta sistema upravljanja proizvodnih procesa, koji bi bili sposobni da sam tehno- loški proces učine fleksibilnijim, agilnijim i rekonfi- gurabilnim.

Barkod tehnologija ima nisku efikasnost zbog ve- like verovatnoće proizvodnih greška. Ideja o spajanju, sa radio frekventnom identifikacijom (RFID) pruža mogućnost da se ostvari precizna i pouzdana „just-in- time“ akvizicija podataka. Kod proizvodnih sistema koji primenjuju RFID tehnologiju, oznaka može biti vezana za svaki proizvod koji sadrži podatke releva- ntog proizvoda. RFID čitač/pisač može da pročita i/ili napiše podatke, zapise u blizini pasivnog elementa. Na primer, pročitani podaci se mogu preneti na računar i memorisati u delu programa za odlučivanje i obradu.

2. UPRAVLJAČKA ARHITEKTURA FMS

Fleksibilni proizvodni sistem (FMS) je sistem za proizvodnju kod kog postoji određen stepen fleksi- bilnosti koji daje mogućnost sistemu da reaguje u slučaju predviđenih ili nepredviđenih promena.

Fleksibilni proizvodni sistemi predstavljaju kom-

Adresa autora: Gligorije Mirkov, „Politehnika“ – škola novih tehnologija, Novi Beograd, Bulevar Zorana Đinđića 152 a

e-mail: g.mirkov@sbb.rs

Rad primljen: 01.09.2017.

Rad prihvaćen: 16.10.2017.

binaciju sastavnih komponenata koje čine:

- numerički upravljane mašine alatke,
- transportni sistemi radnih komada,
- sistem upravljanja koji je tako povezan da omogućava automatsku obradu malih i srednjih serija.

Poseban interes je poznavanje: arhitekture, karakteristike modela upravljanja, prednosti i nedostataka izvedenih fleksibilnih sistema, a sve u cilju poboljšanja proizvodnosti, kvaliteta kako proizvoda tako i instaliranih komponenti, fleksibilnosti u različitim uslovima proizvodnje, humanizacije i dr. Na dalje se izlažu tipovi FMS na koje se potencijalno mogu primeniti novorazvijeni senzorski uređaji, mrežni sistemi, kao i komponente, kako izvršne tako i upravljačke.

Klasičnu FMS upravljačku arhitekturu, zastupljenu u periodu prošle decenije, karakteriše nekoliko tipova varijantnih izvođenja (Dilts. i ost. 1991): centralizovana, hijerarhijska, modifikovana hijerarhijska i heterohijerarhijska.

Centralizovani sistem karakteriše globalni pristup relevantnim informacijama i podacima, mogućnost lake globalne optimizacije i izbegavanja tehnoloških viškova u skladištima. Glavni nedostaci ovako postavljene arhitekture karakteriše: visoka složenost centralizovanog upravljačkog sistema, loše vreme odziva od strane implementiranih mašina i uređaja i generalno vrlo velika tolerancija na greške celog sistema.

Hijerarhijsku strukturu, karakteriše dekompozicija centralizovane složene strukture u manje entitete. Protok informacija se vrši slanjem komandi odozgo na dole i kroz pružanje informacija odozdo na gore. Što je entitet veći ima razgranatiju (veću) hijerarhiju i uvećanje izdatih i primljenih komandi. Karakterističan primer proizvodne hijerarhijske arhitekture je arhitektura sagrađena na blokovskom principu, a komunikacija zasnovana na ćelijskom principu (nivou) [1].

Karakteristično za ovu strukturu, odnosno glavne prednosti hijerarhijskog upravljanja su snaga (robustnost), brzo vreme odziva, predvidivo ponašanje sistema i smanjena složenost implementiranih komponenti. Nedostaci su prisustvo različitih komunikacionih veza i oskudnost ponašanja sistema na poremećaj čime se smanjuju performanse sistema, i/ili ako alternativni plan procesa mora biti sproveden (izvršen), a tada je otežana modifikacija strukture [2].

Modifikovana hijerarhijska struktura proširuje klasičnu hijerarhijsku arhitekturu obezbeđivanjem komunikacije upravljanja ravnopravnim upravljačkim komponentama po principu peer-to-peer.

Komunikacija peer-to-peer omogućava bolju sinhronizaciju za prenos podataka i doprinosi boljem odgovoru na nastale poremećaje. Negativni aspekti prisutni kod većine klasične hijerarhijske arhitekture i dalje ostaju prisutni i kod modifikovane hijerarhijske

strukture. U cilju prevazilaželjia hijerarhijske arhitekture, posebno nefleksibilnosti za adaptacione brze promene u toku proizvodnje, razvijene su „flat“ (ravne organizacione strukture) koje se odlikuju horizontalnim protokom informacija. Svi organizacioni subjekti se nalaze na istom organizacionom nivou. Prvu takvu strukturu razvio je Hatvany [4]. Dalji razvoj ide ka distribuiranom načinu rasporeda za decentralizovani sistem (Veeramani i ost. 1993).

Heterohijerarhijsku organizacionu strukturu oba autora identifikuju kao smanjenje složenosti, a kvarove i prilagodljivost kao glavne prednosti heterohijerarhijske organizacione strukture. Nedostaci su izraženi u nedostatku nadzora entiteta jer je povećana verovatnoća optimizacije sistema samo lokalno, kao i nedeterminističko i nepredvidivo ponašanje sistema.

Agent-base upravljačka arhitektura predstavlja decentralizovani sistem arhitekture sa ekspanzionim rastom tehnologije za: računare, komunikaciju i razmenu informacija, a poslužila je kao osnova za dalja usmeravanja. Agent-base softverski sistem je viđen kao obrazac u proračunavanju i softverski razvoj.

Agente odlikuju autonomija, samoodgovornost, samoopravak, te su ove tehnologije glavni aspekti budućih proizvodnih sistema [23].

Russel i ost. u radu [24] izdvajaju četiri vrste agenata: agenti prostog refleksa (eng. Simple reflex agents) koji izbor radnji (aktivnosti) formiraju na bazi osnovnog opažanja bez uzimanja u obzir istorije amodalnog zapažanja; agenti zasnovani na refleksu Model-based (eng. Model-based reflex agents) uključuju u model svoja opažanja iz okruženja i praćenje njegovih promena; agenti zasnovani na Goal-based refleksu (eng. Goal-based reflex agents) obogaćuju model upravljanja do ciljeva koji opisuju poželjne situacije i konačno korisnički zasnovani agenti (eng. Utility-based agents) koji dopunjuju cilj dodatkom (dodavanjem) određenog stepena korisnosti. Učenje samih agenata kao deo agenata (kao deo istih) može poboljšati njihov rad (performanse).

Uprkos činjenici da agenti i sistemi zasnovani na agentima nemaju zajedničku definiciju, ali generalno postoje dve uopštene apstrakcije [18]:

- agent je računarski sistem koji se nalazi u dinamičkom okruženju i sposoban je da ispoljava autonomno i inteligentno ponašanje, i
- agent može imati okruženje koje obuhvata druge agente. Zajednica interaktivnih agenata kao celina funkcioniše kao sistem multi-agenata (eng. multi-agent system- MAS).

Prema [18] agente karakteriše sledeće ključne tačke:

- agenti deluju u ime njihovog dizajnera ili korisnika i predstavljaju ispunjenje određene svrhe;

- agenti su autonomni u smislu da oni kontrolišu kako svoje unutrašnje stanje tako i ponašanje u okruženju;
- agenti pokazuju određenu vrstu inteligencije, od primene fiksnog pravila za sposobnost (reagovanja) rezonovanja, planiranja i učenja;
- agenti stupaju u interakciju sa svojim okruženjem, i u zajednici sa drugim agentima; i
- agenti su idealno prilagodljivi, odnosno sposobni da po svojoj meri kroje svoje ponašanje prema promenama u okruženju bez intervencije svog dizajnera.

Multi agentski sistemi su izgradili mrežu agenata koji su u interakciji, komuniciraju međusobno u cilju postavljanja zajedničkog cilja/eva. Da bi se postigla ovakva međusobna komunikativnost potreban je odgovarajući jezik, sredstva komunikacije kao što su: ACL (eng. Agent Communication Language), KQML (eng. Knowledge Query and Manipulation Language) i FIPA ACL (Foundation for Intelligent Physical Agents). Arhitekture zasnovane na tehnologiji agenata razvijene su za različite svrhe proizvodnje.

HMS¹ arhitektura je viđena kao novina za inteligentnu organizaciju fleksibilne proizvodnje. Razvijen je u okviru IMS² [16]. Reč Holonic predložena je od strane Arthur Koestler [17]. Holon je kombinacija grčkih reči holos (celovit) i sufiksa – on koji je njegov srednji oblik. Holonic upravljanje treba da kombinuje prednosti oba (predhodno navedena) upravljanja; hijerarhijsko i heterohijerarhijsko upravljanje, izbegavajući sopstvene nedostatke [20]. U okviru IMS-a, sledeće definicije se odnose na HMS [21]:

- Holon: autonomni i kooperativni gradivni blok u proizvodnom sistemu za transformaciju, transport, skladištenje i/ili vrednovanje informacija i fizičkih objekata. Holon se sastoji od dela za obradu delova. Holon može biti deo drugog holona.
- Autonomiju: sposobnost entiteta da stvore i kontrolišu izvršenje sopstvenih planova i/ili strategija.
- Kooperaciju: proces kojim skup entiteta razvija međusobno prihvatljive planove i realizuje ih.
- Holarchy: sistem holon-a koji su kooperativni (međusobno sarađuju) da bi postigli cilj ili objekat. Na nivou holarchy definišu se osnovna pravila za kooperaciju holon-a i na taj način se autonomija limitira.
- HMS: holarchy integriše čitav niz proizvodnih aktivnosti iz reda „rezervacija” putem projektovanja proizvodnje i marketinga za realizaciju agilne proizvodnje.

¹HMS - Holonic Manufacturing Systems, eng.

²IMS - Intelligent Manufacturing Systems, eng

U upravljačkoj arhitekturi svaki holon je samo-upravljiv i samosprovodljiv (izvodljiv) koji je kooperativan, dogovorljiv sa drugim entitetima u sistemu. Svaki holon može biti sastavljen od drugih holon-a koji grade hijerarhijsku upravljačku arhitekturu – holarchy. Prednosti ovakve revolucionarne i evolucione arhitekture se odnose na ispunjavanje ključnih zahteva kao što su poremećaji upravljanja, dostupnost i robusnost kao i za humanu integracije i fleksibilnost [21].

Na osnovu generičkog opisa holonic sistema razvijeno je nekoliko dizajna i referentnih arhitektura. Referentne arhitekture trebalo bi da obezbede koherentni inženjering i dizajn principe za specifični domen, uključujući jedinstvenu terminologiju, strukture sistema, sistem komponenta i njihova zaduženja itd. [22]. Glavni zadatak u projektovanju i implementaciji holonic proizvodnih sistema je identifikacija potrebnih holonic-a.

3. RELEVANTNI INDUSTRIJSKI STANDARDI

Standardi igraju važnu ulogu za uspeh novih pristupa u industrijskom sprovođenju. Kratak opis relevantnih industrijskih standarda ima korisnost pri realizaciji i projektovanju FMS.

Najvažniji standardi industrijskog upravljanja IEC 61131 i IEC 61499. Standard IEC 61131 definiše standarde za programiranje programibilnih logičkih kontrolera (PLCs). IEC 61131 je trenutno podeljen u osam delova za različite celine. Na primer, IEC 61131-3 opisuje standardizaciju programskih jezika dok se IEC 61131-5 bavi pitanjima u vezi sa komunikacijom. Najnovije izdanje standarda IEC 61131-9 opisuje interfejs za male senzore i aktuatora i trenutno je dostupan kao pred verzija zvaničnog standarda IEC 2013 [15].

U cilju rešavanja budućih izazova koji se postavlja pred industrijske sisteme standard IEC 61499-1 definiše otvorenu arhitekturu za distribuirano i ugrađeno upravljanje i automatizaciju [11]. Između ostalog IEC 61499 definiše ponovnu upotrebu modula (funkcija blokade) kretanja (pogona) izvršavanja i podataka. IEC 61499 je zvanično u upotrebi od 2005. godine na studijama ranog slučaja događaja koje istražuju upotrebljivost i performanse IEC 61499 [3]. Od šireg usvajanja ovog standarda industrija može imati koristi u pravcu razvoja novih holonic sistema i u drugim sofisticiranim oblastima. Na primer, postoje određene barijere koje se odnose na determinizam, performanse, IP zaštitu (za koje treba da se otvore; pokrenu novi standardi) ili efekat zaključavanja (uređaja, software-a, razvoj alata, itd.). Zapravo, mnogo vremena i truda je potrebno da bi se dobio isti nivo dostignuća kao komercijalni PLC alati, piše Vuatkin u radu [25].

Pored standarda upravljanja, kada govorimo o industrijskoj implementacionoj arhitekturi, treba uzeti

u obzir i sledeće standarde: IEC 61158, definiše polje tehnologije za industrijske sisteme mreža predviđene za rad u realnom vremenu za distribuirano upravljanje [12] i IEC 61784, koji definiše skup protokola komunikacije [13]. Standard IEC 61804 daje smernice za integraciju uređaja da bi se ispunio uslov kompatibilnosti, uslov međusobnog rada, sposobnost povezivanja, interoperabilnost i sposobnost razmene (IEC 2003b). IEC 61804-3 određuje Electronic Device Description Language (EDDL) tehnologija. EDDL je generički jezik za opisivanje osobina komponenti sistema automatizacije na sintaksno nezavisan način (IEC 2010c). AutomationML (Automation Markup Language) pruža otvoreni standard za neutralni format podataka na osnovu XML za memorisanje i razmenu fabričkih inženjerskih informacija (W3C 2006). Ovo omogućava međusobno povezivanje heterogenih inženjerskih alata i uređaja. Real komponente opisane su od strane objekata koji su u stanju da obuhvati i druge podobjekte. Kao rezultat toga, mogu biti definisane kompozicije koje se veoma razlikuju u detaljnim opisima. Atributi tipičnih objekata sačinjavaju geometriju, njegovu kinematiku, njegovo ponašanje, svoju poziciju unutar hijerarhijskog sistema, topologiju i odnose sa drugim objektima [26].

4. FLEKSIBILNOST KAO MERILO KVALITETA FMS-A

Fleksibilnost, generalno posmatrano, je moguće svrstati u dve kategorije. Prva kategorija odnosi se na fleksibilnost mašina, koja obuhvata sposobnost sistema da se menja proizvodnja za nove vrste proizvoda i sposobnost da se menja redosled operacija izvršenih na delu. Druga kategorija se odnosi na usmeravanje fleksibilnosti, koja se ogleda u sposobnosti da se koriste više mašina za obavljanje istih operacija na konkretnom delu, kao i sposobnost sistema da apsorbuje promene velikih razmera kao što su zapremina, kapacitet i potencijal.

Analiza i proučavanje fleksibilne proizvodnje zasniva se na analizi i proučavanju fleksibilnih proizvodnih sistema (FMS). Imajući to u vidu, ovi sistemi su osnovni činioci savremene proizvodne orijentacije, a usmereni su na automatizaciju proizvodnih procesa. Proizvodni sistem sastoji se, u principu, od tehnoloških, tehničkih i informacionih podsistema, u koji je uključen i ljudski faktor. U tom smislu, fleksibilni proizvodni sistem ima strukturu sastavljenu iz: tehničko-tehnoloških komponenata: Hardware i upravljačko-programskih komponenata Software-a.

Većina postojećih sistema upravljanja transportom u domenu fleksibilne proizvodnje ima „nedostatak“ fleksibilnosti i agilnosti. Ovo je naročito zastupljeno kod proizvodnje većeg broja raznolikih, komplikovanih proizvoda manjeg gabarita, koji zahtevaju brzu

promenu proizvodnog programa, sa kraćim vremenima obradnog procesa i složenijim transportnim zahtevima unutar sistema tj. složenijim manipulacionim zahtevima. S druge strane već u fazi samog transporta moguće je iskoristiti informacije o proizvodu u cilju poboljšanja upravljanja procesom, pa je od suštinskog značaja informacija o identifikaciji svakog dela koji se kreće u okviru FMC-a (FMS-a), što je i delimično zastupljeno kod većine postojećih sistema.

Centralizovan sistem upravljanja je uobičajna metoda koja se koristi kod fleksibilnim proizvodnih sistema. Kontroleri za svaki podsistem na FMS-u poput staničnog, čelijskog, hijerarhijski su povezani za glavni centralizovani računarski sistem upravljanja koji donosi sve odluke vezane za procese. Centralizovan sistem upravljanja je efikasan kada je broj različitih proizvoda mali i kad obim proizvodnje ne varira mnogo. Međutim, ovaj metod nije ni fleksibilan, ni agilan za visoko varijantne proizvode sa relativno malom zapreminom.

Trenutno, veliki deo napora je učinjen ka razvoju novih vrsta sistema kontrole i upravljanja proizvodnog procesa, koji bi bili sposobni da sam tehnološki proces unaprede, učine ga takvim da odgovore na sve zahteve proizvodnog procesa, a bili bi prema navedenom takvi da, daju odgovor na sve zahteve savremene fleksibilne, agilne, „ad-hok“, i delimično adaptivne proizvodnje. Jedno od mogućih rešenja u cilju decentralizacije proizvodnje i upravljanja transportom je primena tehnologije radio frekventne identifikacije.

Nedostaci upravljanja FMS-om ogledaju se prvenstveno u:

- slabijoj fleksibilnosti transportnog sistema – distribucija delova čiji uzroci mogu poticati od centralnog sistema upravljanja,
- mali broj kontrolisanih ulazno-izlaznih funkcija i nepotpunu integraciju DNC³ u sistem upravljanja, privremeno odlaganje delova u priručnom skladištu.

Posebnu problematiku čini:

- izbor adekvatnih komponenti sistema,
- mali broj firmi koji se bavi ovim istraživanjima, i
- mogućnost otvorenih programskih kodova u cilju nadogradnje sistema.

Tehnologija radio frekventne identifikacije spada u kategoriju sistema koja može potencionalno dati efikasno unapređenje fleksibilnog sistema. Iz tih razloga daju se osnove iste.

5. RFID – RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION

RFID – Radio frekventna identifikacija - je tehnolo-

³DNC - Direct Numerical Control, eng

logija koja koristi tehniku frekvencijskih radio-talasa za razmenu podataka između čitača (reader) i uređaja koji se zove transmitter (tag)/transponder [5]. Tag sadrži silikonski mikročip i antenu. Antena ima funkciju odašiljanja radio-talasa čime se podaci s mikročipa putem čitača preusmeravaju u računar. Transponder se može naći i na proizvodu (češće na nosaču proizvoda, paleti) i sadrži jedinstveni serijski broj. RFID tehnologija se pretežno koristi za identifikaciju delova koje treba transportovati, ili u samom procesu ili van njega, skladištiti, privremeno ili trajno, ili periodično evidentirati, što sam sistem dovodi u kategoriju elektronskog pametnog skladištenja (eng. smart packaging).

Komunikacija između čitača i transpondera se ostvaruje uključivanjem čitača koji započinje emitovanje signala određene frekvencije. Odgovarajući transponder u frekvencijskom polju čitača detektuje signal, koristi dobijenu energiju da bi pobudio mikročip i prosledio dobijenu energiju. Dekodiran signal sa taga koji odgovara čitaču inicira svoju prisutnost u polju čitača. Transponderi se međusobno razlikuju po radio-frekvencijskim talasnim dužinama putem kojih komuniciraju po obliku, po veličini, po protokolu ili jeziku, jačini i načinu memorisanja podataka. Transponderi mogu imati oblik nalepnica, etiketa ili pločica pri čemu se RF zavojnica nalazi na papiru ili foliji zajedno s memorijskim mikročipom. Razlikom transpondera po protokolu se smatra zaključavanje, šifriranje podataka kao i algoritmi protiv međusobnih sudaranja informacija. RFID transponder sadrži određenu veličinu memorije (EEPROM⁴), koji je po svom karakteru: električno izbrisiv, programibilan, ispisiv na memorijskom nosaču, a sadržajno je to nosilac memorisanih podataka o proizvodu ili procesu. RFID transponder može biti dovoljno mali da se smesti na pogodna mesta proizvoda (obratka), može biti posebnog oblika (npr. vijka, čivija) i skriven u proizvodu (npr. u detalju konstrukcije) ili u obliku kreditne kartice/nalepnice za korišćenje u aplikacijama kontrole pristupa.

Funkcionisanje RFID sistema započinje aktiviranjem transpondera pri prolasku kroz radio frekventno područje koje je generisano uz pomoć antene i čitača. Transponder zatim odašilje programirani odgovor u obliku traženih informacija. Antena koja je povezana sa čitačem i koja stvara radio frekventno polje detektuje odgovor. Čitač zatim šalje u računar podatke koje sadrži mikročip. Antikolizija je još jedna bitna karakteristika RFID sistema. Antikolizija⁵ je sistem protiv sudaranja, ineterferencije podataka čime se omogućava očitavanje skupa tagova u jednom čitačkom polju

sprečavajući mešanje radio-talasa jednog s drugim. Takođe se sprečava očitavanje istih tagova više puta. Na selektovanom tagu, čitač je u mogućnosti da izvede niz operacija kao što su čitanje serijskog broja ili pri upotrebi read/write taga zapis dodatnih/novih podataka. Nakon završetka komunikacije s tagom, čitač ga može ili ukloniti s liste ili ga staviti na „stand-by” za određeno vreme. Proces se nastavlja da se izvršava pod antikolizionim algoritmom sve dok svi tagovi ne budu selektovani i provereni. Ova karakteristika nije omogućena na svim RFID tagovima, ali je veoma značajna ako je namena korišćenja pri svakodnevnoj inventuri, transportu gde se u isto vreme vrši očitavanje više različitih tagova.

Antena je putem radio-frekventnih talasa vezana za odašiljač signala koji se naziva čitač. Kada se čitač primakne frekventnom području antene, on postaje aktivan te šalje podatke anteni koji su programirani, unešeni u njegovu memoriju. Potom čitač prima signal antene, dekodira signal, i šalje informaciju u računar. Razlikuju se dva tipa antena. Jedan tip prima i odašilje signale, dok drugi poseduje dve antene, od kojih jedna odašilje a druga prima signale.

Čitač ili interogator ima zadatak komunikacije sa transponderima te prenosi podatke dalje do računara. Čitači se međusobno razlikuju po kompleksnosti zavisno od tipa transpondera s kojima ostvaruju komunikaciju i po funkcijama koje moraju zadovoljiti. Funkcije čitača mogu biti provera i ispravljanje grešaka. Kada je signal transpondera primljen i dekodiran, prema Command Response (naredba-odgovor) protokolu, čitač će tada na ponovljeno slanje signala odgovoriti instrukcijom transponderu da prestane emitovanje. Osnovne osobine čitača su: radna frekvencija (HF ili UF), podrška za razne protokole tagova (ISO, EPC⁶), usaglašenost sa različitim propisanim tehničkim zahtevima, mogućnost umrežavanja više čitača, mogućnost upravljanja višestrukim antenama itd.

Antene čitača su najkomplikovaniji deo RFID-a kada je u pitanju projektovanje antena. Za kraći frekvencijski domet (manje od 10 cm) antene su integrisane u čitaču, a za duži domet npr. od 3 do 5 m, antene su uglavnom eksterne te su vezane na nekoj udaljenosti za čitač. Antene čitača mogu raditi kontinualno ili na zahtev. Kontinualno će raditi u slučaju kada su „tagirani” proizvodi prisutni svakodnevno ili kad višestruki transponderi prolaze kroz detekciono područje. Na zahtev će raditi kada je potrebno, npr. kada neki senzori to zahtevaju te se mogu aktivirati optički, pritiskom ili nekom drugom vrstom neposrednih senzora. Na slici 1 prikazana je RFID arhitektura.

⁴EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, eng.

⁵Anti - Collision, eng.

⁶Electronic Product Code - univerzalni jedinstveni identifikacioni kod proizvoda

³DNC - Direct Numerical Control, eng. zasnovana je na niskofrekventnim (LF) RFID uređajima koji rade na frekvenciji ispod 300 Hz, 125-134 kHz, dometu očitavanja manje od 0.5 m, visokofrekventni (HF) 13,56 MHz, očitavanje 1 m, te ultra visokofrekventni (UHF)

očitavaju iznad 300 MHz, 850-950 MHz, i 2,45 GHz, očitavanje od 4 do 5 m.

Korišćenje uređaja različitih frekvencija u praksi znači mogućnost očitavanja na većoj ili manjoj udaljenosti.

Slika 1 - RFID arhitektura

Niskofrekventni (LF) uređaji relativno sporo prenose podatke i često nisu u mogućnosti očitati više tagova odjednom. Primjenjuju se uglavnom za imobilizaciju transporta i kontrolu pristupa. Transponderi niske frekvencije troše manje energije i imaju veću sposobnost emitovanja signala kroz razne materijale, na relativno malim udaljenostima.

Viskofrekventni (HF) uređaji se najviše i najčešće upotrebljavaju, jeftiniji su od niskofrekventnih. Koriste se kod kontrole pristupa, kontrole tereta, plaćanja, u transportu, itd.

Ultra visoki frekventni transponderi (UHF) imaju veći domet i brži protok podataka, uz veću potrošnju energije i slabiju transmisiju kroz materijale. Zbog tih svojstava, pogodniji su za skeniranje transportnih pakovanja na ulazu ili izlazu iz skladišta. Kod UHF transpondera ne sme biti prepreke između čitača i transpondera. Veća frekvencija znači brži prenos podataka što je izrazito bitno kod prelaženja transpondera velikom brzinom kroz očitavačku zonu.

Aktivni transponderi se napajaju putem interne baterije, a pasivni putem indukcije. Aktivni transponderi mogu odašiljati na prilično velike udaljenosti čak do nekoliko kilometara.

Pasivni tagovi se napajaju putem čitača koji odašilje radio signal male snage putem vlastite antene. Transponder zatim prima signal putem svoje antene te

napaja mikročip koristeći energiju koju primi i na kratko se povezuje sa čitačem radi verodostojnosti i izmene podataka. Kod pasivnih je vek trajanja gotovo neograničen dok je za radni vek aktivnih zavisao od trajanja baterije. Semi-pasivni transponder ima bateriju kojom napaja čip, ali za komunikaciju koristi energiju čitača.

Read only (R) – klasa je najjednostavniji oblik RFID-a gde se podaci kao što je serijski broj proizvoda zapisuju i ne mogu se više ažurirati već se mogu samo čitati.

Write once, read only (WORM) - klasa 1 je oblik RFID-a kod kog se tagovi proizvode bez ikakvih podataka te je korisnik u mogućnosti uneti podatke samo jednom čime tag postaje Read-only dokument, znači takođe samo za čitanje. Read/Write (R/W) je napredniji oblik RFID-a koji ima mogućnost da korisnik po potrebi menja koliko god puta želi sadržaj samoga zapisa.

EAS tagovi⁷ ne sadrže nikakve posebne informacije već služe kako bi se razni proizvodi osigurali od krađe. Oni, suštinski, i nisu RFID tagovi jer u stvarnosti sadrže samo delove informacije. EAS tagovi nemaju jedinstveni serijski broj već samo prikazuju prisutnost kada prolaze kroz signalno frekventno polje.

⁷Electronic Article Surveillance eng

Štampanu elektroniku karakterišu provodljivi i savitljivi elementi koji se koriste za štampanje antena čiji materijali u osnovi sadrže srebro i ugljenik. Spoj ugljenika i srebra u odgovarajućem opsegu, uz primese smole i ostalih dodataka čini dobru provodljivost sa dobrim štamparskim karakteristikama. Za štampanu antenu može se koristiti i bakar kao pigment sa elektroprovodnim karakteristikama, međutim antene od srebra podnose savijanja i ostale mehaničke uticaje bolje od bakarnih antena. Povrh toga, srebro je bolji provodnik od bakra. Printed electronics ili štampana elektronika je skup grafičkih metoda koje se koriste za stvaranje električno funkcionalnih uređaja, u ovom slučaju antena za RFID tehnologiju. Štampana podloga može biti papir, ali zbog relativno hrapave površine i zavisnosti od vlage dominantnu ulogu preuzimaju drugi polimerni materijali. Koriste se štampane tehnike

Tabela 1. Standard ISO/IEC 14443 [6, 7, 8]

Standard	Definisanost primene	Naziv/Opis
ISO/IEC 14443		Međunarodni četvorodelni standard za beskontaktnih smart kartica radi na 13.56 MHz u neposrednoj blizini sa čitačem antenom. Proximity Integrated Circuit Cards (PICC) su namenjeni za rad u približno 10 cm antene čitača.
ISO/IEC 14443-1	Fizičke karakteristike	Identification cards - Contactless integrated circuit cards - Proximity cards - Part 1: Physical characteristics Definiše osnovne ekološke karakteristike koje kartica mora biti u stanju da izdrži, ispuni bez trajnog oštećenja funkcionalnosti. Ovi testovi se sprovode na nivou kartice i zavise od konstrukcije kartice i dizajna antene; većina uslova ne može se lako prevesti na nivo primene. Operativni temperaturni opseg kartice naveden u delu 1 kao temperaturnog opsega od 0°C do 50°C.
ISO/IEC 14443-2	Radio frekvencija snaga i interfejs signala	Identification cards - Contactless integrated circuit cards - Proximity cards - Part 2: Radio frequency power and signal interface Definiše RF snagu i signal interfejsa. Dve signalne šeme (tipa), tip A i tip B, su definisani u ovom delu standarda. Obe šeme komunikaciju ostvaruju u polu dupleksu sa 106 kbit u sekundi brzine prenosa podataka u svakom pravcu. Podaci se prenose preko taga opterećenje modulisan sa 847.5 kHz (nosećeg signala) subcarrier- a. Transponder se napaja iz oblasti RF i nije potrebno baterija.
ISO/IEC 14443-3	Inicijalizacija i antikolizija za tip A i tip B	Identification cards - Contactless integrated circuit cards - Proximity cards -- Part 3: Initialization and anticollision Antikoliziona komande, odgovori, okviri podataka i vremena su definisani u ovom delu. Inicijalne i antikoliziona šeme su kreirane tako da omogućavaju kreiranje (u konstruktivnom smislu), multi-protokolarni čitači (readers) su sposobni za komunikaciju sa oba tipa kartica (A i V). Obe vrste transpondera čekaju na komandu izbora. Čitač više protokola bi obradio (kompletno pročitao, uzeo u rad) jednu vrstu transpondera, završio sve transakcije (ulaze/izlaze) sa tim transponderom, a zatim bi prešao na drugu vrstu i potom izvršio sve transakcije sa njom.
ISO/IEC 14443-4	Definiše protokole za prenos podataka na visokom nivou za tip A i tip B.	Identification cards - Contactless integrated circuit cards - Proximity cards - Part 4: Transmission protocol Protokoli opisani u ovom delu su opcioni elementi ISO/IEC14443 standarda; blizina kartice može biti dizajnirana sa ili bez podrške ovog dela protokola. PICC izveštava čitač da on podržava komande ovog dela standarda u odgovoru na izbor komande (isto kao što je definisano u delu standarda ISO/IEC 14443-3).
Napomena: Kartice mogu biti tipa A i tipa B. Glavne razlike između ovih (tip A i tip B) tipova tiču se metode modulacije, kodiranja šema i procedure protokola inicijalizacije (deo standarda 3). Oba tipa (A i B) kartice koriste isti protokol prenosa. Ovaj standard koristi skraćenice kao termine: PCD: zavojna antena na strani čitača PICC: zavojna antena na strani transpondera U ovom delu nisu izložene sličnosti koje se odnose na kontaktne sisteme, a pozivane su ovim standardom.		

koje omogućavaju deblji nanos boje kao što je sito štampa, međutim moguće je štampati antene i u tehnikama flekso-štampe, graviranja, offset-štampe i ink jeta.

Metalne boje imaju ograničenu prvodljivost te deblji sloj osušene boje znači bolju prvodljivost, odnosno veću efikasnost antene/a.

6. STANDARDI RFID

Generalno, RFID koristi radio talase u frekventnom opsegu od 30 KHz do 5,8 GHz. Za sada ne postoje međunarodni standardi koji definišu frekventne opsege dozvoljene za primenu RFID frekvencija. Bez obzira na propise, bez licence se može javno koristiti RFID tehnologija na niskim frekvencijama (LF: 125 - 134,2 kHz i 140 - 148,5 kHz) i na visokim frekvencijama (HF: 13,56 MHz).

U Severnoj Americi je prisutno veliko šarenilo pri primeni ultra kratkih talasa (UKT). Pored nacionalnih standarda, za oblast RFID tehnologije se koriste i drugi standardi, ali osnovu čini međunarodna serija standarda ISO/IEC 14443 [6] čiji je opis datu tabeli 1.

7. ZNAČAJ I PRIMENA RFID TEHNOLOGIJE U FLEKSIBILNOJ PROIZVONJI

Jedna od značajnijih primena RFID u fleksibilnoj proizvodnji je identifikacija i praćenje delova u sistemima upravljanja transportom. Postojeći sistemi upravljanja transportom imaju slabiji dinamički odziv sistema, posebno u slučajevima kada su delovi manjeg gabarita, velike konfiguracione raznolikosti ili male učestalosti pojavljivanja.

Uvođenjem RFID tehnologije u upravljanje FMC-a sistem je moguće decentralizovati i prilagoditi novim

uslovima. U svojoj najjednostavnijoj primeni, RFID tehnologija može da zameni barkod sa veoma velikom pouzdanošću u odnosu na navedeni. RFID se favorizuje u industriji posebno u uslovima proizvodnje čiji su uređaji potopljeni u tečnost, izloženi povišenoj temperaturi, prljavštini i prašini.

U prilog ovoj tehnologiji ide i činjenica da se oni ne moraju naći u vidnom polju čitača odnosno da se jednim čitanjem može istovremeno pročitati više različitih tipova tagova.

8. TEORIJSKE POSTAVKE MULTI AGENT ARHITEKTURE FMC

Na osnovu fizičkih karakteristika i priključaka, a na bazi ontološkog principa definisan je potreban broj agenata prvenstveno u cilju distribucije, praćenja i kontrole procesa za FMC.

Slika 2 - Arhitektura Web FMC laboratorije – Cell Control Agent

Po svom karakteru agenti su uglavnom reaktivni (akcija na bazi događaja u sistemu) i inteligentni (kao što je automatsko traganje). Kako im je cilj jedinstven u smislu rešavanja istog zadatka, distribucija i kontrola procesa, tako oni pripadaju multi agent sistemima.

Računari FMC-a su umreženi i koriste TCP/IP protokol, tako da se ontološke operacije izvršavaju na serveru podataka (Cell Control Agent, Cell Monitoring Agent, Manufacturing Resource Agent) dok Agent-Machine Interface rade na čelijskim PC računarima.

Dalje, prezentuju se glavni softverski agenti sa stanovišta funkcionalnosti:

Cell Manager Agent je odgovoran za upravljanje proizvodnjom, implementaciju i definisanje novog proizvodnog programa, određivanje početnih inicijalnih proizvodnih parametara, raščlanjivanje proizvodnih sposobnosti obratka. Jedna od uloga mu je i prosleđivanje spiska sposobnosti proizvoda pročitanih sa RFID tag-ova, tj. mesta na kojima se čita zapis (kapija čitača).

Agent Manager predstavlja deo Cell Manager Agent (mogao bi biti i poseban agent). Njegov osnovni zadatak odnosi se na komunikativnost agenata koji učestvuju u procesu kao i nivo kolaboracije.

Cell Monitoring i Command Agent su odgovorni za dobijanje i prikazivanje u realnom vremenu stanja obratka/obradaka, u procesu proizvodnje, i gotovih proizvoda, kao i status ćelije. Takođe služe kao port za inicijalne komande formirane za pojedinačni unos u slučaju bilo kakvih „ad hoc“ događaja i novog podešavanja uređaja.

Manufacturing Resource Agent, predstavlja specifične proizvodne komponente, kao što su roboti sa Linear slidebase, CNC mašine i sl. koji prepoznaju sve mogućnosti interaktivnog ponašanja (kolektivna sposobnost) i unutrašnje stanje koje karakteriše ove tipove fizičkih komponenti.

Agent-Machine Interface deluje kao vrsta upravljačkog programa za Manufacturing Resource Agent koji je fizički priključen na kontroler. Za svaki različiti kontroler treba da postoji jedan Agent-Machine Interface.

Cell Control Agent, sredstvo kontrole ćelije realizuje proces izbora odgovarajućih mogućnosti sa liste sposobnosti proizvoda za ćeliju, a traži mogućnosti od osnovnih agenata da bi uradio zadatak (posao). Takođe, Cell Control agent može redovno da ažurira podatke na osnovu novih stanja podataka FMC, a može i da šalje upravljačke instrukcije za kontrolu baze podataka. Cell Control Agent, reflektujući informaciono stanje u proizvodnoj ćeliji prikazuje se od strane Cell Monitoring Agent-a kao istorija procesa ćelije i čuva se u bazi podataka.

Sekvencijalni dijagram aktivnosti FMC, prikazan na slici 3, ilustruje jedan mogući scenario upotrebe RFID u procesu upravljanja. Pravogaonici ilustruju proizvodni proces dok svaka kolona prikazuje proizvodnu delatnost. Redosled zavisi od procesa, strelice povezuju procese, dok je trajanje procesa vezano za kolonu. Sve aktivnosti u FMC potiču od informacija pročitanih sa tag-ova, odnosno njihov sadržaj odeđuje postupak operacija.

Slika 3 - Sekvencijalni dijagram

Nekoliko mogućih i različitih scenarija je ostvariv za operacije u ćeliji, a jedna od njih je ilustrovana na slici 4. Uočljivo je da neke druge pročitane informacije sa tag-ova mogu kreirati i ostvariti drugačije operacije na sličan način. Start procesa je vezan za prisustvo

priprema u FMC. Posredstvom pneumatskog (Pneumatic Feeder) ili gravitacionog dodavača (Gravity Feeder) sa pripadajućim senzorima, delovi ulaze u proces obrade, a navedeni položaji odgovaraju i položaju RFID R/W (čitanje i pisanje).

Slika 4 - Cell UML dijagram aktivnosti

Svi pripremi poseduju zalepljene tag-ove koji su nosioci informacija, odnosno jedinstveni identifikacioni broj dela. Na osnovu pročitane informacije pronalazi se adekvatan program i deo u koordinaciji sa robotom se pozicionira u pomoćnom priboru, steže i tada uz bezbednosne provere sistema startuje proces. Po okončanju procesa robot transporuje obradak da bi se

uneo novi deo zapisa koji može biti konačan (slučaj završetka procesa u ćeliji) i privremen (slučaj nastavka prethodnog dela procesa obrade). Za navedeni drugi slučaj, sledi još jedna RFID identifikacija da bi se moglo ustanoviti da li je za preostali deo procesa obrade mašina slobodna. Ako je ona zauzeta sledi privremeno odlaganje obratka.

Očigledno je da se ovakav adaptivni pristup može primeniti za tzv. „ad-hok“ slučajeve u situacijama kad nije značajan prioritet obrade delova u sistemu. Međutim, često se zahteva da se prvo obrađuju tačno definisani delovi što donekle menja scenario proizvodnje, koji bi mogao biti:

- Upravljački računar, na osnovu činjenice o prioritetima, dodeljuje odgovarajući program CNC mašini.
- Agent tehnologija pronalazi podatak (zapis) koji odgovara predviđenom program.
- Upravljački agent šalje robota na predviđene tačke koje obezbeđuju čitanje svakog pojedinačnog zapisa sa tag-a. Sledi čitanje zapisa i upoređivanje podatka iz računara i zapisa sa tag-a.
- Kad su zapisi identični robot prelazi na rešavanje transportnog problema, tj. postavlja deo u mašinu, ili privremeno odlaže deo.
- Po stezanju obradaka, u stanici ćelije sledi obrada,
- Sledi upoređivanje izvedenih operacija sa predviđenim operacijama iz baze podataka i donešenje odluke o aktivnosti na osnovu poređenja ili rešenje o privremenim skladištenju sa novim tag zapisom odnosno kraj ćelijske aktivnosti.
- Provera preostalih vrsta i broja delova za obradu.
- Provera zauzetosti mašina, ponavljanje postupka od stavke 1-6 za slučaj prisutnih delova, ili predviđeni stanični izlaz i neplanirani zastoj.

9. REZULTATI I PRAVCI DALJEG ISTRAŽIVANJA

Verifikacija predloženog sistema je trenunutno u eksperimentalnoj fazi koja se izvodi u laboratorijskim uslovima, a parcijalno je izvedena u domenu RFID tehnologije na bazi postojećeg modela upravljanja. Na osnovu eksperimenta primenjena RFID oprema sa sledećim karakteristikama (tabela 2) opravdala je teorijske postavke primene iste na bazi: brzine odziva, verodostojnosti pročitanih podataka i najoptimalnijeg položaja čitača/pisača.

Tabela 2. Karakteristike RFID čitača

Tip	R/W Reader
Frekvencija	HF (13.56MHz)
Standard	I-CODE (ISO 15693-3), Mifare® Ultralight (ISO 14443A), Mifare®1K (ISO 14443A)
Udaljenost čitača/pisača od taga (2~10cm)	prosečno ~ 5 cm
Primenjeni operativni sistem	Windows
Radana temperatura okoline (-30 C ~ 70 C)	~ 24° C
Interfejs	USB

Dalja istraživanja odnosiće se na implementaciju više čitača/pisača i njihovo uvođenje u model upravljanja. Nakon toga sledi implementacija multi agenata, a uvođenjem agenata nešto drugačijih karakteristika i međusobnih odnosa, za postavljene zadatke pronalazenja i detekcije delova iz različite/ih grupe/a, bio bi opravdan, rešiv, i suštinski ne bi se menjao karakter RFID identifikacije. Poseban akcenat biće dat na problemu privremenog skladištenja delova unutar FMC na bazi RFID i sistema multi agenata

10. ZAKLJUČAK

Ovakvom koncepcijom sistema obezbeđuje se potpuna kontrola svih tokova materijala koji su vezani ne samo za proizvodni proces, već i za njegovo okruženje. Pored toga, dostupni su detaljni podaci: o broju delova koji ulaze u obradni sistem, o identifikaciji i distribuciji, kao i statistički podaci vezani za planiranje procesa.

Na osnovu rezultata delimične verifikacije sistema u laboratorijskim uslovima može se primetiti da je korisnost identifikacije putem RFID tehnologije nesumljiva, što govori o opravdanosti korišćenja RFID tehnologije u navedenim primerima. Na osnovu iznetog može se zaključiti da je RFID tehnologija primenljiva na sve tipove upravljanja FMS kao i na njegove podsisteme. Pored toga, sistem koji je na ovaj način projektovan ima povećan stepen fleksibilnosti i agilnosti u smislu mogućnosti prihvatanja optimalne obrade i manipulacije različitih vrsta proizvoda.

Kao konačni zaključak može se izvesti sledeće: postavljeni i testirani deo sistema dao je zadovoljavajuće rezultate za različite tipove proizvoda koji su grupisani prema sličnosti zahvata obrade. On omogućava skraćivanje vremena trajanje postupaka obrade, rastećenje procesnih i upravljačkih računara, čime se direktno utiče na povećanje produktivnosti procesa.

LITERATURA

- [1] Browne J. Production activity control—a key aspect of production control, *International Journal of Production Research*, Vol. 26, No. 3, pp. 415–427, 1988.
- [2] Duffie N. A., Prabhu V. V. Real-time distributed scheduling of heterarchical manufacturing systems, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 13, No. 2, pp. 94–107, 1994.
- [3] Gerber C, Hanisch H. M, Ebbinghaus S. From IEC 61131 to IEC 61499 for distributed systems: a case study, *EURASIP Journal of Embedded Systems*, Article No. 4, pp.1–4, 2008.
- [4] Hatvany J. Intelligence and cooperation in heterarchical manufacturing systems, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 2, No. 2, pp. 101–104, 1985.

- [5] Wikipedia [Internet]. RFID [citirano 2016]. Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification
- [6] Wikipadia [Internet]. ISO/IEC 14443 [citirano 2016]. Dostupno na: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_14443
- [7] ISO/IEC 14443-3:2011 Identification cards – Contactless integrated circuit cards – Proximity cards -- Part 3: Initialization and anticollision, *International Organization for Standardization*
- [8] ISO/IEC 14443-4:2016 Identification cards -- Contactless integrated circuit cards – Proximity cards - Part 4: Transmission protocol, *International Organization for Standardization*
- [9] IEC 61331-1, Part 1: General information, *International Electrotechnical Commission*
- [10] IEC 61804-1, Function blocks for process control - Part 1: Overview of system aspects. IEC, *International Electrotechnical Commission*
- [11] IEC 61499-1, Function Blocks - Part 1 Architecture, *International Electrotechnical Commission*
- [12] IEC 61158, Industrial communication networks - Fieldbus specifications - Part1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series, *International Electrotechnical Commission*
- [13] IEC 61784, Industrial communication networks - Profiles - Part 1: Fieldbus profiles. IEC, *International Electrotechnical Commission*
- [14] IEC 61804-3, Function blocks for process control - Part 3: Electronic Device Description Language (EDDL). IEC, *International Electrotechnical Commission*
- [15] IEC 61131-9, Function Blocks - Part 9 Single-drop digital communication interface for small sensors and actuators (SDCI), *International Electrotechnical Commission*
- [16] Word Manufacturing Forum IMS 2012 [Internet]. *Intelligent Manufacturing System*, [citirano 2016]. Dostupno na: <http://www.ims.org/>
- [17] Koestler A., *The ghost in the machine*, London, 1989.
- [18] Monostori L, Váncza J., Kumara. SRT Agent-based systems for manufacturing, *In: The International Academy for Production Engineering CIRP (ed) CIRP Annals Manufacturing Technology*, Vol. 55, No 2, pp. 697–720, 2006.
- [19] van Brussel H, Wyns J, Valckenaers P, Bongaerts L, Peeters P. Reference Architecture for Holonic Manufacturing Systems: PROSA, *Computers In Industry*, Vol. 37, No. 3, pp. 255–274, 1998.
- [20] van Brussel H, Bongaerts L, Wyns J, Valckenaers P, van Ginderachter T. A conceptual framework for holonic manufacturing: Identification of manufacturing holons, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol.18, No. 1, pp. 35–52, 1999.
- [21] Christensen J. H, Holonic Manufacturing Systems: Initial Architecture and Standards Directions, *Proc of First European Conference on Holonic Manufacturing Systems*, , IFW-Hannover, Hannover, 1994.
- [22] Wyns J, van Brussel H, Valckenaers P, Bongaerts L. Workstation Architecture In holonic manufacturing systems, *Cirp journal on Manufacturing Systems*, Vol. 26, No 4, pp. 220–231, 1996.
- [23] van Dyke Parunak H. What can agents do in industry, and why? An overview of industrially-oriented R&D at CEC, *CIA: International Workshop on Cooperative Information Agents Cooperative Information Agents II. Learning, Mobility and Electronic Commerce for Information Discovery on the Internet*, Berlin Heidelberg, Springer, Vol 1435, pp. 1–18, 1998.
- [24] Russell S. J, Norvig P., Davis E. Artificial intelligence, *A modern approach. 3rd ed. Upper Saddle River*, Prentice Hall, 2010.
- [25] Vyatkin V, IEC 61499 as Enabler of Distributed and Intelligent Automation: State-of-the-Art Review, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 7, No.4, pp. 768–781, 2011.
- [26] Drath R, Luder A, Peschke J., Hundt L. Automation ML - the glue for seamless automation engineering, *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) 2008*: pp. 616–623, 2008.

SUMMARY

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF APPLYING RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION IN THE FLEXIBLE PRODUCTION PROCESS

Flexible manufacturing systems (FMS) as a complex and stochastic environments require the development of innovative, intelligent control architectures in order to improve flexibility, agility and reconfiguration. Distribution management system addresses this challenge by introducing the optimal process management which is supported by the autonomous control units that cooperate with each other. Most of the existing transport management system, has a lack of flexibility and agility, especially in cases where a large variety of products, a small representation of parts of smaller dimensions. In such cases, the system is insensitive to random "ad-hoc" events. Phase transport parts through flexible manufacturing system can be potentially used to obtain information about the product in order to process management. Radio frequency identification (RFID) has been introduced as new technology allows monitoring, identifying and categorizing parts. This paper gives grounds on the flexible cell architecture (FMC) and the deployment of RFID devices with the aim of the distribution and tracking of parts. The paper gives an example of setting agent base control architecture FMC

Key words: *RFID technology, distribution management system, FMS, multi-agent system, HMS*