

# **Primjena informacijskih sustava u procesu logistike na primjeru inteligentnog montažnog sustava**

Željko Stojkić, Fakultet strojarstva i računarstva Sveučilišta u Mostaru, Matice hrvatske b.b.,  
88000 Mostar, BIH, zeljko.stojkic@sve-mo.ba

Nikola Gjeldum, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Splitu,  
Ruđera Boškovića 32, 21000, Split, Hrvatska, ngjeldum@fesb.hr

Igor Bošnjak, Fakultet strojarstva i računarstva Sveučilišta u Mostaru, Matice hrvatske b.b.,  
88000 Mostar, BIH, igor.bosnjak@sve-mo.ba

*Upravljanje zalihama je bitno u maloprodaji da bi imali djelotvorne i učinkovite procese opskrbnog lanca. Ovi procesi uključuju predviđanje, nadopunjavanje zaliha, naručivanje i učinkovito korištenje informacija sa zaliha. Točnost skladišta je ključni problem za predvidjeti. U ovom radu bit će opisana primjena informacijskih tehnologija u logistici na primjeru inteligentnog montažnog sustava (IMS-a). Zadatak je projektirati „Inventory control sustav“ koji će se koristiti za upravljanje lean skladištem (samoposlugom) za potrebe IMS-a. U radu je opisana primjena informacijskih tehnologija u procesu logistike, s naglaskom na upravljanje procesa skladištenja korištenjem Internet of Things tehnologija. Zatim je pojašnjen koncept lean samoposluge te način prikupljanja i obrade podataka u inteligentnoj tvornici. U završnom dijelu je predstavljen koncept samoposluge i problem u skladištu na FESB-u te prijedlog rješavanja istog koristeći informacijske sustave.*

## **1. UVOD**

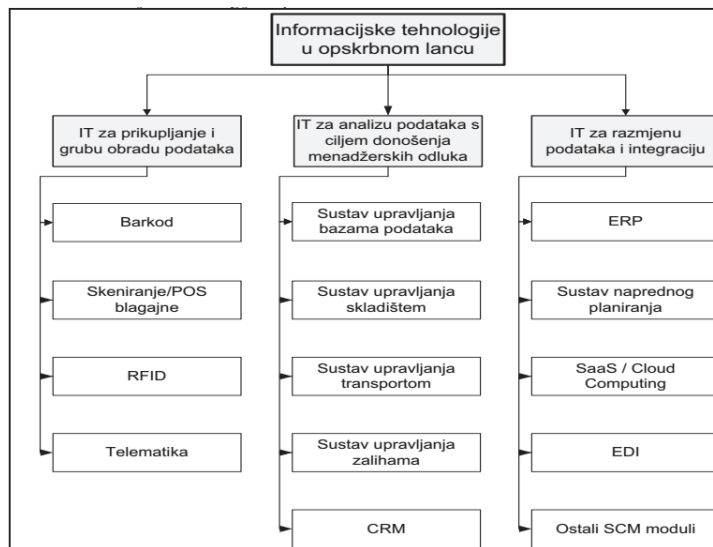
Skladište se odnosi na zalihe neophodne za poslovanje i upravljanje tim zalihama. Upravljanje zalihama je bitno u maloprodaji da bi imali djelotvorne i učinkovite procese opskrbnog lanca. Ovi procesi uključuju predviđanje, nadopunjavanje zaliha, naručivanje i učinkovito korištenje informacija sa zaliha. Točnost skladišta je ključni problem za predvidjeti. Skladišni sustavi moraju imati točne evidencije zaliha pri ruci i onih koje se trebaju naručiti, ali većina malih trgovaca rijetko zna koliko proizvoda imaju u trgovini. [1].

U ovom radu bit će opisana primjena informacijskih tehnologija u logistici na primjeru inteligentnog montažnog sustava na Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu (FESB). Zadatak je projektirati „Inventory control sustav“ koji će se koristiti za upravljanje skladištem (samoposlugom) za potrebe inteligentnog montažnog sustava na FESBU-u. U prvom poglavlju je opisana primjena informacijskih tehnologija u procesu logistike. U drugom je pojašnjen koncept lean samoposluge, njena povijest, zahtjevi, prednosti i ostale karakteristike. U trećem poglavlju opisano je prikupljanje i obrada podataka u inteligentnoj tvornici. Obradeno je na koji način se prikupljaju podaci, kako se šalju na više razine te obrađuju i koristi kao podloga za buduća znanja u poduzećima. Na kraju je predstavljen problem koji trenutno ima FESB u svom laboratoriju za industrijsko inženjerstvo i prijedlog rješenja te oprema potrebna za realizaciju istog. Predloženi model koristi Arduino mikrokontroler sa popratnim sensorima i RFID identifikaciju da bi se omogućilo upravljanje skladištem.

## **2. INFORMACIJSKI SUSTAVI I LOGISTIKA**

Partnerstvo u opskrbnom lancu i logistici uvelike ovisi o informacijskoj tehnologiji, budući da ona u opskrbnom lancu (ili kanalu) zamjenjuje zalihe s informacijama (s ciljem smanjenja troškova uz istovremeno poboljšanje produktivnosti), te predstavlja snažnu kralježnicu SCM-a [2]. Informacijske su tehnologije pretpostavka za izgradnju informacijskih sustava, pa tako i

informatičkog sustava u opskrbnom lanc, odnosno u distribucijskom ili marketinškom kanalu. [3]



Slika 1 – Informacijske tehnologije u opskrbnom lancu [3]

Na slici 1. navedene su i svrstane u tri skupine osnovne i najčešće tehnologije koje se koriste u opskrbnom lancu. Nikako se ne smatra kako su to i jedine tehnologije u opskrbnom lancu. Suvremene informatičke tehnologije trebale bi biti integrativne informatičke tehnologije, odnosno one bi uz mogućnosti automatizacije i informiranja, morale omogućiti računalnu povezanost koje će u stvarnom vremenu aktivirati mreže ravnopravnih subjekata koje omogućuju ljudima da prebrode funkcionalne barijere i isprepletu zajedničko i specijalizirano znanje, te istraže nove poslovne mogućnosti. [4]

### 3. CYBER-FIZIČKI SUSTAVI U PRIKUPLJANJU, ANALIZI I OBRADI PODATAKA

Tijekom proteklog desetljeća, brzi napredak informatičkih i komunikacijskih tehnologija (ICT) je potaknuo razvoj naprednih senzora, sustava za dobavljanje podataka, bežičnih komunikacijskih uređaja i distribuiranih računalnih rješenja. Takve tehnologije su integrirani u novi sustav pod nazivom Cyber-fizički sustav (CPS). CPS je sustav za suradnju računalnih entiteta koje su u intenzivnoj vezi s okolnim fizičkim svijetom i njegovim nadolazećim procesima, pružajući i koristeći, u isto vrijeme, usluge pristupa podacima i usluge obradu podataka dostupne na internetu. [5]

#### 3.1 CPS arhitektura za inteligentnu proizvodnju

Slika 3. prikazuje CPS arhitekture u shop flooru za inteligentnu proizvodnju i uključuje tri sloja, tj. sloj fizičke veze, međuprogramski sloj i računalni sloj. Objašnjenje svakog sloja su navedena u sljedećim točkama. [6]

##### 3.1.1 Sloj fizičke veze

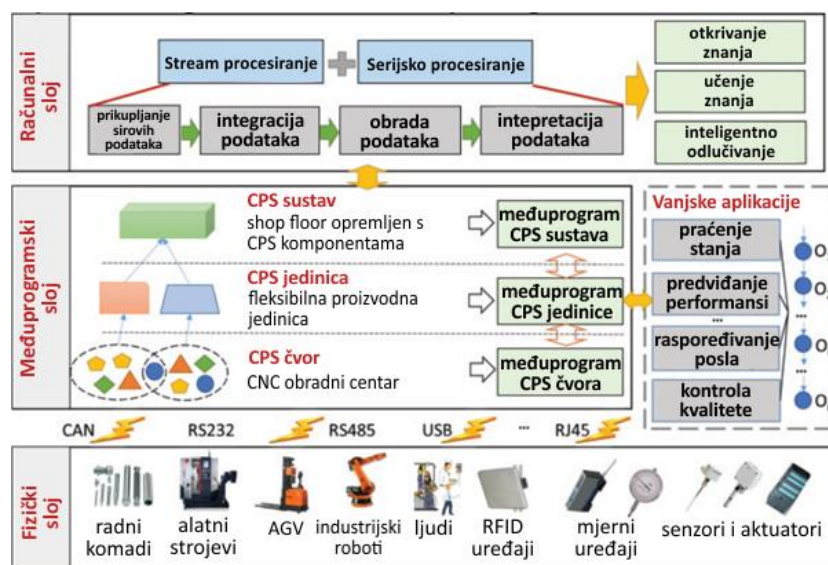
Senzori su sučelje stroja za osjećanje njegovog fizičkog okruženja. Koristeći odgovarajuću instalaciju senzora, razni signali kao što su vibracije, tlak, temperatura mogu biti očitani.

Dakle, prvi korak implementacije CPS u shop flooru je ugradnja komponenti poput senzora, RFID uređaja i mjernih uređaja na proizvodnim resursima i distribuirati ih u proizvodnom okruženju. Tada je grupa strojeva povezana jedna s drugima putem fieldbus tehnologije i / ili

industrijske mreže. U ovom sloju treba uzeti u obzir pitanja o protokolu, obradi, lokaciji, udaljenosti i pohrani kada se odabire ugradbena komponenta. Na primjer, treba definirati jedinstvene i robusne veze između heterogenih fizičkih entiteta (npr., proizvodni resursi, senzori, aktuatori i mjerni uređaji); izabrati odgovarajuće senzore (vrsta i specifikacija) koji trebaju biti raspoređeni na odgovarajućim mjestima s niskim troškovima i visokom učinkovitosti na temelju povijesti strojnih zadataka. [6]

### 3.1.2 Međuprogramski sloj

Ovaj sloj ima za cilj prijenos podataka prikupljenih od ugrađenih dijelova na središnji poslužitelj (server) za analizu i slanje proizvodne naredbe dane od strane računalnog sloja ili vanjske aplikacije (npr.: praćenje stanja, dinamičko raspoređivanje posla, kontrola kvalitete) kontrolorima za kontrolu.

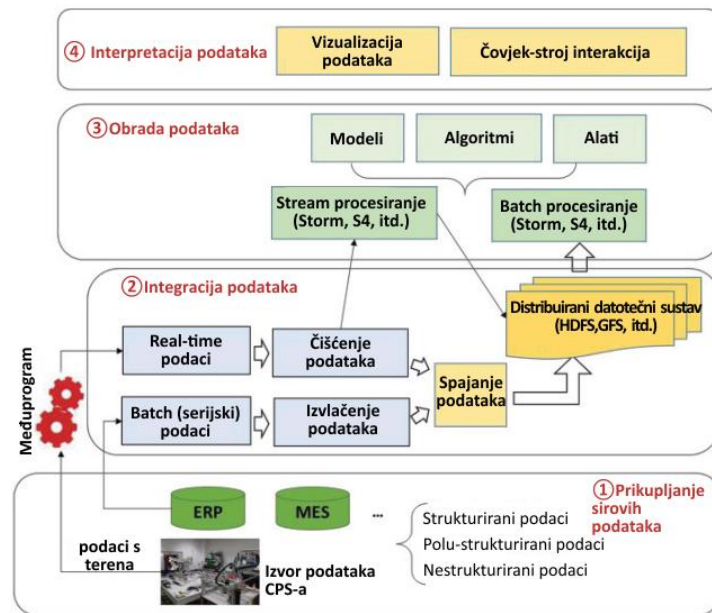


Slika 3. – CPS arhitektura za inteligentnu proizvodnju [6]

### 3.1.3 Računalni sloj

Velika količina podataka u stvarnom vremenu - online ili povijesni – offline se prikuplja od strane raznih senzora/RFID uređaja/mjernih uređaja, ili je dobivena od poslovnih informacijskih sustava (EIS - Enterprise Information Systems), kao što su ERP, MES i SCM. Posebni modeli, algoritmi i alati moraju se koristiti za izdvajanje obrazaca koje pružaju bolji uvid nad radnim uvjetima strojeva, kvalitetom izratka, proizvodnim procesima, itd. Nakon serijskog i strujnog procesiranja, rezultati se prenose na strojnu lokaciju za kontrolu rada/procesa i održavanje. Dakle, ovaj sloj djeluje kao nadzorna kontrolu kako bi učinio strojeve ili proizvodni postupak samoprilagodljivim i samosvjesnim.

Prikupljeni podaci mogu pružiti mogućnosti za daljinski nadzor, dijagnostiku i kontrolu kvalitete osiguravajući holističku perspektivu prošlog i sadašnjeg stanja strojeva i proizvodnih procesa. Međutim, postoji mnogo izazova kod CPS-a i Big Date. [7] Količina podataka je velika, ali kvaliteta je niska i podaci su heterogeni. Osim toga, proizvodni proces zahtijeva velike brzine i odgovore u stvarnom vremenu na promjene (npr. kvar stroja i slično) u proizvodnom okruženju. Okvir analize industrijskih Big Data za proizvodni proces predlaže da se otkriju potencijalno korisni uzorci i izraze skriveni podaci. Okvir se sastoji od četiri koraka, kako je prikazano na slici 4. [6]



Slika 4 - Razvoj općenitog međuprograma [6]

#### 4. LEAN SAMOPOSŁUGA

Postoji više različitih definicija samoposługe koje se mogu pronaći u literaturi. Prema Rotheru i Shooku, samoposługa nije ništa više nego međuspremnik ili skladišni prostor koji se nalazi na kraju proizvodnog procesa za proizvode koji su spremni za isporuku. [8] Ona je poput prehrambenog supermarketa gdje skladišni radnici, kao i kupci, prolaze kroz skladište uzimajući dijelove potrebne za određeni dio vremena. [9] Samoposługe u proizvodnji su zapravo dobile ime po maloprodajnim supermarketima, ili preciznije po samouslužnim trgovinama. [10]

Tri osnovna uvjeta koji definiraju samoposługu su:

- 1) **Proizvodi su podijeljeni po vrsti dijelova:** u samoposłuzi, dijelovi su pohranjeni u skupine prema njihovoj vrsti. Idealno su pohranjeni u fizičkim skupinama, što omogućuje jednostavno promatranje trenutnog stanja (vizualno upravljanje). Alternativno, mogu se samo digitalno raspoređeni unutar ERP sustava, iako bi se u ovom slučaju trebalo kopati po podacima da bi se vidjelo da li nedostaje zaliha.
- 2) **FIFO First-in-first-out se održava:** Prvi dio jednog komada koji je ušao u samoposługu je ujedno je i prvi dio koji se vadi ako je potreban taj tip komada. FIFO princip osigurava da se najstariji dio koristi se uvijek na prvom mjestu.
- 3) **Dio koji napušta samoposługu daje signal za ponovnu proizvodnju ili isporuku robe:** Uvjet za pull proizvodnju je da bilo koji dio koji zadnji napušta skladište (samoposługu) daje signal (npr. kanban kartica) za nadopunom dijela (dijelova). Ako se samoposługa nalazi se na kraju proizvodne linije, signal je da se proizvodi više. Ako se samoposługa nalazi se na kraju logističkog lanca, slijedi signal da se naruči još. Dakle, upravo takav signal je uvjet za funkcioniranje samoposługa. Ukoliko skladište ispunjava samo jedan dio tip-specifičnih FIFO (prva dva uvjeta) uvjeta, ono nije samoposługa, nego samo dobro uređen inventar. [10]

## 5. INTELIGENTNI MONTAŽNI SUSTAV I PRIJEDLOG RJEŠENJA

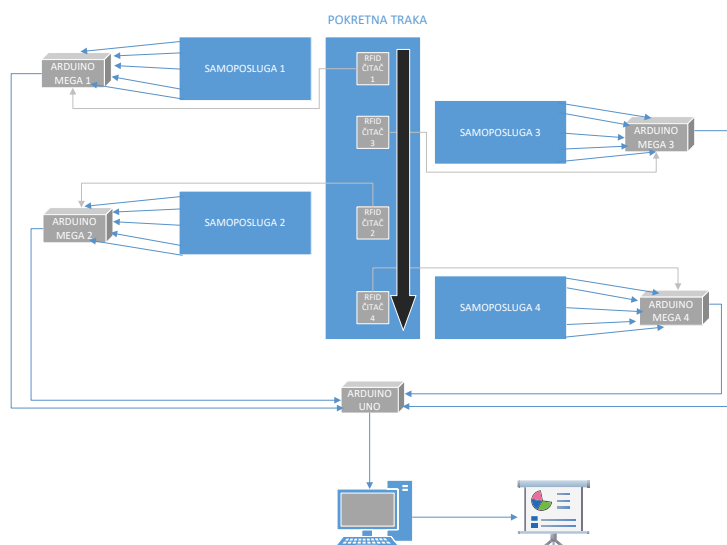
Za inteligentni montažni sustav se koriste 4 samoposluge sa po 3 police, a na svakoj polici se može naći maksimalno 12 kutija sa različitim dijelovima za montažu mjenjačke kutije na pokretnoj traci. Raspored kutija po polici je 4x3, kutije su raspoređene u 4 stupca sa 3 retka. Slika ispod prikazuje raspored samoposluga u laboratoriju. Pored svake samoposluge, nalazi se po jedan montažni stol gdje se vrši montaža dijelova mjenjačke kutije automobila. U kutijama na policama se nalaze dijelovi mjenjačke kutije, dok njena glava dolazi preko montažne trake, conveyora, te se na svakom montažnom stolu vrši montaža dijelova.



Slika 5 – 3D model i stvarni prikaz montažnog sustava

### 5.1 Prijedlog rješenja

Prijedlog je korištenje Arduino mikrokontrolera s popratnim sensorima (RFID senzor, ultrazvučni senzor). Na svakoj polici je potrebno instalirati ultrazvučni senzor koji će biti isprogramiran da prepozna broj kutija na polici na osnovu udaljenosti od najbližeg objekta. Svaka samoposluga sa svojim sensorima bi bio vezan s jednim Arduino mikrokontrolerom (Arduino Mega), a taj mikrokontroler bi bio vezan za Arduino Uno koji bi direktno komunicirao s računalom. Na pokretnoj traci će biti instalirana 4 RFID čitača koji će očitavati položaj mjenjačke kutije u funkciji vremena. Skica ispod prikazuje shematski izgled inteligentnog montažnog sustava sa svim elementima.



Slika 6 – Shema inteligentnog montažnog sustava

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je opisati primjenu informacijskih tehnologija u logistici na primjeru inteligentnog montažnog sustava. Opisana je općenito primjena informacijskih tehnologija u logistici, podjela informacijskih sustava koji služe kao podrška procesu upravljanja logistikom. Detaljno je obrađen način prikupljanje, obrade i prikaza te daljnje upotrebe podataka, odnosno stečenog znanja na osnovu tih podataka. Prikazana je arhitektura upravljanja podacima od najnižeg sloja (sloj fizičke veze) preko međuprogramskog sloja do računalnog sloja. Obrađen je koncept skladišta koji se koristi za potrebe Inteligentnog montažnog sustava na FESB-u – koncept samoposluge. U posljednjem poglavlju je predstavljen problem u Inteligentnom montažnom sustavu i prijedlog njegovog rješenja, potrebna oprema i resursi za rješavanje istog. Sljedeći korak u ovom radu bio bi realizacija prijedloga rješenja: nabavke potrebne opreme, programiranje, postavljanje senzora, mikroročunala te uvezivanje podataka s računalnom te prikaz istih u vremenskoj funkciji.

## PRIZNANJE

Ovaj rad u potpunosti podupire Hrvatska zaklada za znanost u okviru projekta 1353 Inovativno pametno poduzeće (INSENT).

## LITERATURA

- [1] - Mathaba, S., Dlodlo, N., Smith, A., Makitla, I., Sibiyi, G., & Adigun, M. (2012). Interfacing Internet of things technologies of RFID, XMPP and Twitter to reduce inaccuracies in inventory management
- [2] - Rajan, S. (2007): *SCM through Information Technology in Retailing*. U D. Alagiri, & N. K. Selvan (Ur.), *Retail Supply Chain Management - An Introduction* (str. 84-96). Icfai Books, The Icfai University Press.
- [3] - Dujak, D., Šantorić, I., & Tomašević, V. (2011). Implementacija RFID tehnologije u logističke i supply chain aktivnosti maloprodaje. Ekonomski fakultet u Osijeku. Dostupno na: <http://www.efos.unios.hr/repec/osi/bulimm/PDF/BusinessLogisticsinModernManagement11/blimm1122.pdf> [2.lipnja 2015.]
- [4] - Ross, D. F. (2016). *Introduction to supply chain management technologies*. CRC Press.
- [5] - Monostori, L. (2014). Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. *Procedia CIRP*, 17, 9-13.
- [6] - Liu, C., & Jiang, P. (2016). A Cyber-physical System Architecture in Shop Floor for Intelligent Manufacturing. *Procedia CIRP*, 56, 372-377.
- [7] - Gao R, Wang L, Teti R, Dornfeld D, Kumara S, Mori M, et al. Cloud enabled prognosis for manufacturing. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 2015, 64(2): p 749-772
- [8] - Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- [9] - Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2010). "Supermarket warehouses": stocking policies optimization in an assembly-to-order environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 50(5-8), 775-788.
- [10] - Helo, P., Szekely, B. (2005): „Logistics information systems: An analysis of software solutions for supply chain co-ordination“, Vol.105.No.1 pp 5-18, *Industrial Management&Data Systems*, Emeralds Group Publishing Limited