

Implementacija sistema za praćenja paleta primenom jednostavnih identifikacionih oznaka

Gordana Ostojić, *Member, IEEE*, Milovan Lazarević, *Member, IEEE*, Slobodan Lubura, *Member, IEEE*, Nataša Popović, *Member, IEEE*, i Stevan Stankovski, *Member, IEEE*

Apstrakt— Sistemi za praćenje paleta sa identifikacionim oznakama su već dugo prisutni u sistemima za upravljanje lancima snabdevanja. I pored prisutnosti velikog broja rešenja koja se koriste u sistema za praćenje paleta, i dalje se traže još jeftinija rešenja, koja omogućuju dodatne uštede i veću fleksibilnost u korišćenju upotrebljenih paleta. Umesto uobičajenog načina za praćenje paleta, koji podrazumeva stavljanje identifikacionih oznaka na palete, u okviru ovog rada se predlaže korišćenje identifikacionih oznaka koje se već nalaze na paketima koji se postavljaju na palete. Postoji značaj broj slučajeva, u kojem samo jedan paket stoji na paleti (paket cigala, paket behatona, paket crepa, ...) i ovakvi slučajevi mogu da budu rešeni korišćenjem jeftinijih identifikacionih oznaka koje se postavljaju na samim paketima. U okviru ovog rada, dat je prikaz rešenja jedne studija slučaja na kojoj je primenjen prilaz da se palete prate preko identifikacionih oznaka (bar kod) na paketima.

Ključne reči—Praćenje paleta, RFID, QR kod, praćenje proizvoda.

I. UVOD

Osnovna namena sistema za praćenje paleta je praćenje paleta kroz celokupne procese u lancima snabdevanja. Ovi sistemi se tipično zasnivaju na korišćenju hardverskih i softverskih komponenti koji omogućuju praćenje i upravljanje paletama [1].

Hardverske komponente mogu da koriste tehnologije koje omogućuju identifikaciju i praćenje objekata kao što su radiofrekventna identifikacija - RFID (Radio Frequency IDentification), identifikacija pomoću mobilne telefonije – GSM (Global System for Mobile communication), bar kodovi, vizuelno prepoznavanje pomoću kamera, prepoznavanje korišćenjem lidara, primena koncepta Interneta stvari – IoT (Internet of Things) i/ili satelitsko određivanje

pozicije objekta pomoću GPS (Global Positioning System), sa osnovnom idejom da se zna pozicija nekog objekta u realnom vremenu [1-5].

Softverske komponente omogućuju obradu i analizu podataka, koje se vezuju za paletu, uključujući i pravljenje izveštaja o procesnim aktivnosti u čitavom toku posmatranog lanca snabdevanja.

Jedan od najvažnijih koraka u sistemima za praćenje paleta je određivanje i dodeljivanje jedinstvenog identifikatora (oznake) svakoj paleti. Ovaj identifikator, zavisi od tehnologije koja se koristi za praćenje paleta i može biti RFID oznaka, bar kod ili GSM identifikacija. Identifikatori sadrže podatke o paleti, kao što su: sadržaj koji se ostavlja na paleti (paketi, objekti, ...), njeno poreklo, krajnju i početnu lokaciju i krajnje odredište, uslove transporta, ... Kada se paleta identifikuje, njena lokacija i kretanje se mogu pratiti primenom tehnologija koje su korišćene za njenu identifikaciju, uključujući različite vrste senzora i čitača postavljenih na različitim tačkama u lancima snabdevanja, kao što su utovarne stanice, magacini, viljuškari, kamioni, ... [6-9]

Prikupljeni podaci o lokaciji palete, kao i drugim stanjima vezanim za stanje palete i uslovima u kojima se nalazi, mogu se prenositi žičanim ili bežičnim vezama, u zavisnosti od konkretne realizacije sistema za praćenje paleta.

Materijali koji se koriste za izradu paleta su najčešće drvo i plastika, a samo u posebnim slučajevima se koristi metal za njihovu izradu. U slučaju da se palete prave od plastike, paleta je najčešće pravljen od reciklirane plastike pa je samim tim omogućena i njena ponovna upotrebljivost pomoću procesa njenog recikliranja.

Životni vek palete, najviše zavisi od težine koji se stavlja na njenu aktivnu površinu, kao i od načina njenog manipulisanja. U slučaju njenog loma, u zavisnosti od materijala koji je izrađen, najčešće se sprovedi neki reciklažnih postupaka. Za palete koje imaju na sebi postavljenu elektronsku identifikacionu oznaku (RFID tag, GSM lokator IoT), moraju se uraditi dodatne aktivnosti u cilju ponovnog iskorišćenja ovih oznaka na drugim paletama.

I pored cilja da se jedna paleta koristi više puta, postoji značajan broj situacija kada se paleta ostavlja kod krajnjeg kupca na njegovoj lokaciji. Autori namerno koriste termin značajan broj situacija, ne iznoseći konkretne brojeve, jer broj paleta koje se ne vraćaju zavisi od velikog broja činioca, uključujući koji proizvod se nalazi na njima, cenu prikupljanja i vraćanja paleta, itd. Raspon broja paleta koje se ne vrate se kreće od nekoliko procenata, do preko 50% od ukupno korišćenih za transport do krajnjeg korisnika. U slučaju da je

Gordana Ostojić – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: goca@uns.ac.rs), ORCID ID (<https://orcid.org/0000-0002-5558-677X>)

Milovan Lazarević – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: laza@uns.ac.rs), ORCID ID (<https://orcid.org/0000-0003-3889-8509>)

Slobodan Lubura – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Istočnom sarajevu, Vuka Karadžića 30, 71123 Lukavica, Bosna i Hercegovina (e-mail: slobodan.lubura@etf.ues.rs.ba), ORCID ID (<https://orcid.org/1234-1234-1234-123X>)

Nataša Popović – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Istočnom sarajevu, Vuka Karadžića 30, 71123 Lukavica, Bosna i Hercegovina (e-mail: natasa.popovic@etf.ues.rs.ba), ORCID ID (<https://orcid.org/0000-0002-2812-1993>)

Stevan Stankovski – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: stevan@uns.ac.rs), ORCID ID (<https://orcid.org/0000-0002-4311-1507>)

na paleti postavljena identifikaciona oznaka i da ne bude vraćena, to znači da je ona za proizvođača/transportera praktično izgubljena, odnosno nije je moguće iskoristiti u nekom novom lancu snabdevanja.

Imajući ove činjenice u vidu, i dalje se traže nova rešenja koja će ostvariti precizno praćenje lokacije palete, i ujedno imati fleksibilan i jeftin sistem označavanja paleta, koji neće značajno uticati na cenu sistema za praćenje paleta.

U narednim poglavljima biće prvo prikazani osnovni podaci o načinima na koji se vrše označavanje paleta, pregled postojećih sistema za praćenja paleta, kao i predlog rešenja koji se zasniva na rešenju korišćenja jeftinijih identifikacionih oznaka koje se postavljaju na samim paketima koje se stavljaju na palete.

II. OZNAČAVANJE PALETA

Jedan od prvih koraka u izgradnji sistema za praćenje paleta je odabir njihovog označavanja. Od tehnologija za automatsku identifikaciju koje se koriste za označavanje paleta, najčešće se koriste bar kodovi i RFID oznake (tagovi).

Prvi bar kod je razvijen 1948. godine na Tehničkom institutu Drexel. Patent kojim je zaštićen bar kod je odobren 1952. godine, ali su tek od 1966. godine bar kod oznake ušle u komercijalnu upotrebu. Masovno korišćenje bar kodova je počelo 80-ih godina dvadesetog veka.

Postoji više od 200 različitih bar kod označavanja, dok se u realnim sistemima koristi nekoliko desetina. Bar kod sistem za označavanje nekog entiteta, obuhvata sledeće elemente:

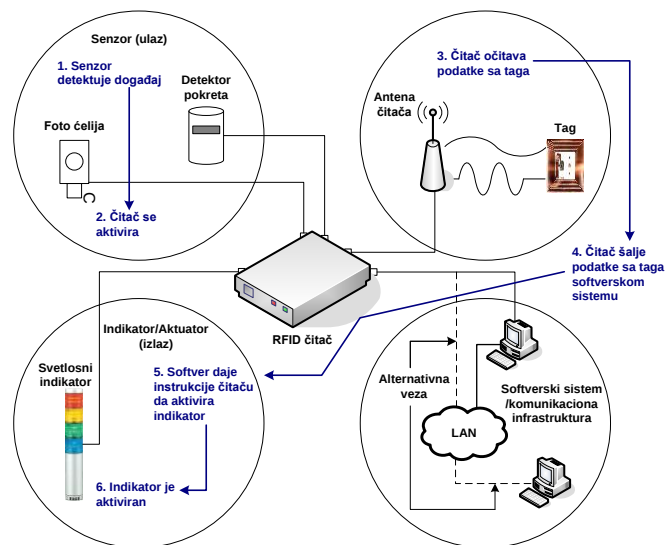
- simnologiju ili sistem kodiranja podataka koji se mogu optički čitati,
- tehnologiju štampanja bar kod oznaka koje mogu čitati mašine,
- skenere i dekodere koji bar kod oznake čitaju i konvertuju u digitalne podatke i
- verifikatore koji proveravaju ispravnost odštampanih bar kod oznaka.

Bar kodovi se dele u dve velike grupe: linerani bar kodovi i dvodimenzionalni bar kodovi. Kod lineranih bar kodova, u najčešćoj upotrebi su: EAN/UPC, ITF, kod 128, kod 39, kod 93 i Codabar. Kod dvodimenzionalnih bar kodova, u najčešćoj upotrebi su: kod 49, kod 16K, PDF417, microPDF417, SuperCode, Code One, MaxiCode, Data Matrix, Aztec Code i QR Code [10]. Prvi koncepti RFID sistema su bili objavljeni već početkom XX-og veka, ali su prva patentna prava objavljena 1973. godine. U sistemima za praćenje, RFID se pojavio 1980-ih godina i od tada se koristi za praćenje i identifikaciju kako pokretnih tako i stacionarnih entiteta (objekta, ljudi, životinja, ...).

Jedan RFID sistem se sastoji od sledećih elemenata:

- oznaka (tag),
- čitač,
- antena,
- kontroler,
- senzor,
- indikator i
- aktuator.

Za funkcionalnu integraciju navedenih elemenata, odnosno RFID sistema, koristi se računar i odgovarajuća softverska aplikacija, koje čine jedno RFID rešenje, kao što je prikazano na Sl 1 [10].



Sl. 1. Primer RFD rešenja [10].

Bar kod i RFID, se kao dve najčešće tehnologije za automatsku identifikaciju koje se koriste u sistemima za praćenje paleta, često poredi sa vrednovanjem njihovih prednosti i mana. Osnovne prednosti upotrebe bar kod tehnologije su: velika preciznost, brzinu očitavanja (tačnost) oznaka i jeftina upotreba. Za RFID tehnologiju, osnovne prednosti su: velika udaljenost očitavanja oznaka, nezavisnost od ugla očitavanja oznaka, izmenljivost sadržaja podataka na oznaci i velika količina podataka na oznaci. Nedostaci bar kod tehnologije su: statičnost podataka koji se nalaze na bar kodu (sadržaja podataka ne može da se menja), relativno mali kapacitet podataka na oznaci, mala udaljenost očitavanja i zavisnost od ugla očitavanja. Nedostaci RFID tehnologije su: cena implementacije, problemi očitavanje RFID oznaka kada se nalaze na metalnoj podlozi, kao i kolizija u očitavanju RFID oznaka kada se u opsegu čitača nalazi više RFID oznaka.

Na osnovu navedenih prednosti i nedostataka bar kod i RFID tehnologija, mogu se odrediti i prednosti i mane sistema za praćenje paleta. U narednom poglavlju će biti predstavljeni, neki od dostupnih sistema za praćenje paleta, koji koriste i navedene tehnologije za identifikaciju paleta.

III. SISTEMI ZA PRAĆENJE PALETA

Sistemi za praćenje paleta su projektovani i realizovani da imaju mogućnost da prate lokaciju i kretanje paleta, pre svega u realnom vremenu. Praćenje paleta može da se vrši na različitim lokacijama, ali pre svega se prate gde se palete nalaze u skladištu, odnosno u nekom logističkom okruženju. Na osnovu podataka o lokaciji palete, sistemi za praćenje paleta mogu pružiti informacije u realnom vremenu i da pruže

i druge važne podatke, kao što su stanje zaliha, podatke o kupcima, vreme isporuke, mesto isporuke, ... Na osnovu ovih podataka, sistemi za praćenje paleta obezbeđuju kompanijama mogućnosti da efikasnije upravljaju zalihama, pojednostavljaju rad u skladištu i poboljšavaju korisničku uslugu pružanjem praćenja proizvoda u realnom vremenu. Na Sl 2 je prikazana jedna tipična situacija koja može da se desi u skladištima gde je potrebno da se prate proizvodi koji se nalaze na paletama [11-16].



Sl. 2. Tipične situacije u skladišta u kojem se prate proizvodi na paletama [16].

Postoji veći broj globalno prisutnih sistema za praćenje paleta. Među najpoznatijima se mogu izdvojiti sledeći sistemi (sa osnovnim karakteristikama):

- *Savi sistem* za praćenje paleta koji kombinuje RFID, GPS i druge tehnologije. Ovaj sistem je projektovan da obezbedi vidljivost u realnom vremenu i upravljanje stanjem zaliha i logističkim procesima, što olakšava upravljanje operacijama u lancu snabdevanja [17].
- *Zebra sistem* nudi niz rešenja za praćenje paleta, uključujući bar kod i RFID sisteme. Ovaj sistem je projektovan da poboljša tačnost zaliha, pojednostavi logističke procese i poboljša vidljivost u okviru lanaca snabdevanja [18].
- *Honeywell sistem* za rukovanje i praćenje paleta može da koristi različite identifikacione tehnologije i projektovan je da poboljšaju efikasnost i tačnost u poslovanju skladišta i distributivnih centara [19].
- *Trimble sistem* za praćenje paleta zasnovan na GPS i obezbeđuje praćenje lokacije paleta i drugih sredstava u realnom vremenu. Ovaj sistem je projektovan da poboljša efikasnost logistike, smanji troškove i poveća zadovoljstvo kupaca [20].
- *Sewio sistem* za praćenje paleta (mašina, proizvoda, materijala, ...) je projektovan da omogući njihovo praćenje u zatvorenim i otvorenim skladištima u realnom vremenu i upravljanje stanjem zaliha i logističkim procesima [21].

Treba napomenuti da postoji i veliki broj kompanija koje nude opremu (oznake, čitače, skenere, štampače, mašine za etiketiranje, ...) za formiranje vlastitih sistema za praćenje plate. U narednom poglavlju biće predstavljen koncept za praćenje paleta koje na sebi nose pakete behatona.

IV. KONCEPT SISTEMA ZA PRAĆENJE PALETA SA PAKETIMA BEHATONA

Većina proizvođača behatona, svoje proizvode pakuje u pakete koji se umotani u plastičnu foliju (najčešće se ispod folije nalazi i etiketa koja na sebi ima podatke o proizvodu i proizvođaču) i postavljaju na palete kao što je prikazano na Sl 3. Transport palata sa paketima behatona se u većini slučajeva organizuje kamionskim prevozom i njihove smeštanje u prikolice najčešće izgleda kao na Sl 4.



Sl. 3. Palete sa paketima behatona.



Sl. 3. Palete sa paketima behatona.

U studiji slučaja u kojem se predlaže novi koncept praćenja paleta sa paketima behatona (isti princip može da se primeni i na paketa sa ciglama, odnosno na sve situacije gde se samo jedan paket proizvoda stavlja na paletu) zasniva se na

sljedećim principima:

- svaki paket behatona mora da ima jedinstvenu identifikacionu oznaku ,
- svaka polazna i odredišna lokacija nakon stavljanja paketa na paletu u okviru skladišta mora da se registruje,
- nakon iznošenja palete sa paketom behatona i njenog smeštanja u transportno sredstvo, mora da se registruje lokacija transportnog sredstva,
- nakon iznošenja palete sa paketom behatona iz transportnog sredstva i smeštanja palete na krajnje odredište, mora da se registruje lokacija krajnjeg odredišta palete.

Korišćenjem i ova četiri jednostavna principa, i postavljanjem etikete sa identifikacionom oznakom prilikom umotavanja plastičnom folijom paketa sa behatonom, dobijaju se osnove za izgradnju jeftinog sistema za praćenje lokacije i kretanja paleta sa paketima behatona.

V. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada predložen je koncept sa osnovnim principima koji omogućuje implementacija sistema za praćenja paleta primenom jednostavnih identifikacionih oznaka u vidu bar kodova.

Predloženi koncept se zasniva da se paleta prati preko identifikacione oznake paketa koji se nalazi na samoj paleti. Postoji značaj broj logističkih slučajeva, u kojem samo jedan paket stoji na paleti i upravo ovakvi slučajevi, daje mogućnost da logistički procesi budu rešeni korišćenjem jeftinijih identifikacionih oznaka koje se postavljaju na samim paketima.

ZAHVALNICA

Istraživanja u ovom radu su finansirana od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost Vojvodine, na osnovu ugovora broj: 142-451-327/2023-01/1.

LITERATURA

- [1] J.S. Harris, J.S. Worrell, "Pallet management system: a study of the implementation of UID/RFID technology for tracking shipping materials within the department of defense distribution network." Acquisition Research Program, 2008.
- [2] Gnimpieba, Z. David R., Ahmed Nait-Sidi-Moh, David Durand, and Jérôme Fortin. "Using Internet of Things technologies for a collaborative supply chain: Application to tracking of pallets and containers." *Procedia Computer Science* 56 (2015): 550-557.
- [3] Stankovski S., Ostojić G., Lazarević M., Popović B., Mijić D., „RFID technology, privacy and security“, *Facta universitatis - series: Mechanical Engineering*, Vol. 8, Broj 1, str. 57-62, ISSN 0354–2025, 2010.
- [4] Rutinowski, J., Youssef, H., Franke, S., Priyanta, I.F., Polachowski, F., Roidl, M. and Reining, C., 2023. Semi-Automated Computer Vision based Tracking of Multiple Industrial Entities--A Framework and Dataset Creation Approach. *arXiv preprint arXiv:2304.00950*.
- [5] S. Stankovski, G. Ostojić, X. Zhang, I. Baranovski, S. Tegeltija, S. Horvat, "Mechatronics, Identification Technology, Industry 4.0 and Education", 18th International Symposium. InfoTech, 2019

- [6] <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-023-11098-6>, pristupljeno 4.4.2023.
- [7] Castaño-Amoros, J., Fuentes, F. and Gil, P., 2023. MOSPPA: monitoring system for palletised packaging recognition and tracking. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp.1-17.
- [8] S. Nemet, G. Ostojić, D. Kukolj, S. Stankovski, and D. Jovanovic, "Feature Selection Using Combined Particle Swarm Optimization and Artificial Neural Network Approach", *Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology*, vol. 4, no. 1. pp. 7-11, 2019.
- [9] <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2022.2154405>, pristupljeno 4.4.2023.
- [10] Stankovski, S., Rakic-Skoković, M., Šešlija, D., & Ostojić, G. *Primena RFID Tehnologije u automatizaciji*, Centar za automatizaciju i mehatroniku, Novi Sad, 2009.
- [11] Borangiu, T. and Răileanu, S., 2022. A smart palletising planning and control model in Logistics 4.0 framework. *International Journal of Production Research*, pp.1-18.
- [12] Lee, J. W., Kim, T. J., & Lee, H. K. (2023). Design of an IoT-based indoor tracking and condition monitoring system for the safe and transparent management of drums storing low- and intermediate-level radioactive waste. *Journal of the Air & Waste Management Association* (1995), 73(2), 133–145.
- [13] <https://doi.org/10.1080/10962247.2022.2149636>, pristupljeno 4.4.2023.
- [14] Larrad, I.R., Berardinelli, G. and Madsen, O., 2022. Evaluation and Comparison of Ultrasonic and UWB Technology for Indoor Localization in an Industrial Environment.
- [15] S. Stankovski, G. Ostojić, and X. Zhang, "Influence of Industrial Internet of Things on Mechatronics", *Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology*, vol. 1, no.1. pp. 1-6, 2016.
- [16] <https://www.quicksolv.com/internet-of-things/asset-tracking-software/warehouse-pallet-tracking-using-indoor-positioning-system-iot/>, pristupljeno 4.4.2023.
- [17] <https://www.savi.com/>, pristupljeno 4.4.2023.
- [18] <https://www.zebra.com/gb/en/solutions.html>, pristupljeno 4.4.2023.
- [19] <https://sps.honeywell.com/us/en/products/automation/solutions-by-technology/palletizing-depalletizing/auxiliary-products-and-accessories>, pristupljeno 4.4.2023.
- [20] <https://transportation.trimble.com/products/tracking-and-visibility>, pristupljeno 4.4.2023.
- [21] https://www.sewio.net/indoor-asset-tracking-and-material-flow-analysis/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=tracking%20pallets&utm_campaign=google_eu_k-tracking%20pallets_device-c&gad=1&gclid=Cj0KCQjw9deiBhC1ARIsAHLjR2BCxEkukrR3aQwRhXkZ5Q50kFbQkN01GbgloPwZE11gC8w1qFPDEaAohjEALw_wcB, pristupljeno 4.4.2023.

ABSTRACT

Pallet tracking systems with identification tags have long been present in supply chain management systems. Despite the presence of a large number of solutions used in pallet tracking systems, even cheaper solutions are still being sought, which enable additional savings and greater flexibility in the use of used pallets. Instead of the usual way to track pallets, which involves placing identification tags on pallets, the authors of this paper propose the use of identification tags that are already on the packages which are placed on the pallets. There is a significant number of cases, in which only one package is on the pallet (a package of bricks, concrete, roof tiles, ...) and such cases can be solved by using cheaper identification marks that are placed on the packages themselves. In this paper is presented the solution of a case study where the approach of tracking pallets through the identification marks on the packages was applied..

Implementation of Pallet Tracking System Using Low-Cost Identification Tags

Gordana Ostojić, Milovan Lazarević, Slobodan Lubura,
Nataša Popović, Stevan Stankovski