

# Uporedna analiza savremenih identifikacionih tehnologija

Nemanja Sremčev, Milovan Lazarević, Laslo Tarjan, Igor Baranovski, Milovan Medojević

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

Novi Sad, Republika Srbija

[nextesla@uns.ac.rs](mailto:nextesla@uns.ac.rs), [laza@uns.ac.rs](mailto:laza@uns.ac.rs), [laci@uns.ac.rs](mailto:laci@uns.ac.rs), [baranovski@uns.ac.rs](mailto:baranovski@uns.ac.rs), [medojevicm@uns.ac.rs](mailto:medojevicm@uns.ac.rs)

*Sažetak*— Tehnologije automatske identifikacije kao što su barkodovi i identifikacija putem radio frekvencije su široko korišćeni kod mnogih industrijskih proizvoda u cilju prikupljanja podataka o proizvodima i procesima i kontrole zaliha. U ovom radu data je uporedna analiza tehnologija automatske identifikacije, pri čemu je naglasak dat na beleženju broja i prirode grešaka koji se javljaju u procesima gde se koriste ove tehnologije. Pored toga prikazane su i ključne prednosti i nedostaci savremenih identifikacionih tehnologija – jednodimenzionalnog brakoda, dvodimenzionalnog barkoda i RFID sistema.

*Ključne riječi*—jednodimenzionalni barkod, dvodimenzionalni barkod, RFID.

## I. UVOD

Barkod i *Radio Frequency Identification* (RFID) tehnologije nastale su iz istog korena, auto identifikacije (Auto-ID), koja je široka kategorija tehnologija koje se koriste za identifikaciju objekata, ljudi i životinja. Druge tehnologije povezane sa auto identifikacijom obuhvataju sisteme za optičko prepoznavanje znakova, biometrijske sisteme i pametne kartice [1]. Iako su barkod i RFID tehnologija nastali iz iste familije tehnologija, one su ipak različite na mnogo načina. Postoji mnoštvo dijagrama koji kvalifikuju prednosti i nedostatke RFID i barkod tehnologije [1].

Ova studija upoređuje RFID i barkod tehnologije korišćene u identičnim uslovima, imajući pri tome pristup koji nije ranije korišćen. Studija se fokusira na operativne performanse ovih tehnologija u smislu vremena potrebnog za skeniranje i mogućih otkaza opreme.

## II. PREGLED LITERATURE

Broj članaka koji diskutuju o RFID tehnologiji i njenoj adaptaciji je skočio od svega nekoliko članaka početkom devedesetih godina prošlog veka, do približno devet hiljada koliko je zabeleženo do 2005. godine [2]. Danas je većina kompanija i istraživača toliko zaokupirana RFID tehnologijom da zaboravljaju na barkod kao najrasprostranjeniju identifikacionu tehnologiju na planeti, sa preko pet milijardi barkodova koji se skeniraju svakog dana širom sveta, a već su implementirani u različita poslovanja i proizvodne programe [1].

Prisutno je dosta literature koja promoviše koristi i uštede koje kompanija može da dobije od implementacije RFID tehnologije u svoje procese, od smanjenja gubitaka do tačnijih informacija vezanih za zalihe i bržeg skeniranja pristiglih proizvoda od dobavljača [2]–[5]. Takođe, postoje dodatni troškovi i zahtevi koje kompanija mora da razmotri, a vezani su za implementaciju RFID i barkod tehnologije. To podrazumeva međunarodne dogovore vezane za standarde, privatnost potrošača, buduće integracije sistema, zahteve vezane za baze podataka, održavanje softvera/hardvera, troškove ažuriranja i trening zaposlenih [2], [4], [6]–[10].

### A. Barkod

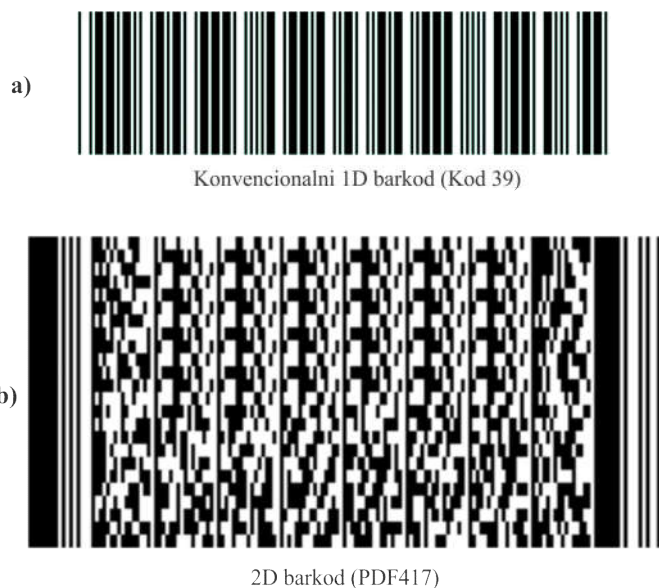
U postupku pojednostavljenja brojnih identifikacionih procesa, barkod je igrao ozbiljnu ulogu od momenta njegovog pronalaska 1952. godine [11]. Činjenica je da za skladištenje mašinski čitljivog digitalnog podatka na kutiji proizvoda ili samom proizvodu, barkod predstavlja ekonomičan i jednostavan metod.

Barkodovi su deo svakog proizvoda koji može da se kupi i postali su sveprisutni standard za identifikovanje i praćenje proizvoda [1]. Tradicionalno označavanje barkodom je povezano sa univerzalnim kodom proizvoda (UPC) i svakodnevnim računima za milijarde skeniranja širom sveta. Prema istraživanju koje je sprovedla Zebra Tehnologije iz 2012 godine, preko 95% Evropskih kompanija navode efikasnost kao glavnu korist od upotrebe barkoda. Ostali razlozi za upotrebu barkoda koje kompanije navode su: povećanje tačnosti naručivanja i fakturisanja (34%), smanjenje troškova (24%) i činjenicu da novije tehnologije nisu spremne još za upotrebu (15%) [12].

Unutar Auto-ID familije, novi dvodimenzionalni sistem za barkodiranje je evoluirao što danas omogućava barkodovima da nose više podataka nego tradicionalni metod. Slika 1 prikazuje razlike između jednodimenzionalnih i dvodimenzionalnih barkodova. Podaci o proizvodu su šifrovani u horizontalnom i vertikalnom smeru, a što se veća količina podataka šifrira, moguće je veličinu bar koda uvećati u oba smera i na taj način upravljati oblikom barkoda kako bi se osiguralo lako skeniranje i specifikacije za pakovanje proizvoda [13], [14].

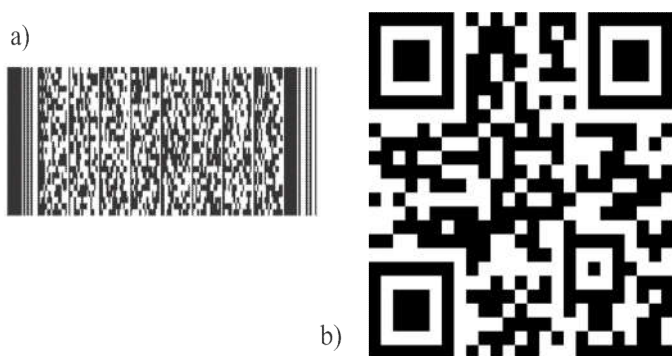
Glavna karakteristika 2D barkoda je njegov kapacitet da prikaže sadržaj podataka i raspored određenog geometrijskog

dijagrama u relativno malom prostoru matrice koja može da snima značajne količine podataka. 2D naslagani kod i 2D matrica kod su dve tipične vrste 2D koda, klasifikovani prema njihovom osnovnom principu dizajna [15]. 2D naslagani kod je razvijen na osnovama jednodimenzionalnog barkoda (Slika 2.). Napravljen je korišćenjem jednodimenzionalnog barkoda i njegovim slaganjem u slojeve kako bi se stvorili simboli u više



Slika 1. a) Jednodimenzionalni barkod, b) dvodimenzionalni barkod

redova. Reprezentativne vrste naslaganog koda su kod 16K, kod 49 i kod PDF417. 2D matrica kod je sastavljen distribucijom crno-belih elemenata slike (kvadrat, tačka ili druga vrsta), kvadratne površine u relativnoj poziciji matrice (Slika 2). Reprezentativne vrste matrica kodova predstavljaju kod jedan, maks kod, QR kod i matrica podataka.



Slika 2. a) 2D naslagani barkod, b) 2D matrica barkod

### B. Identifikacija radio frekvencije – RFID

RFID je automatsko identifikaciono rešenje koje čini efikasnijim i efektivnijim proces identifikacije i prikupljanja podataka, radeći slično kao barkodovi [15]. RFID predstavlja sistem za razmenu informacija koji može da stvori okruženje u kojem svaki objekat može biti automatski prepoznat, praćen i sledljiv od fabrike do police u prodavnici, koristeći jedan tag na svakom proizvodu ili paleti [8], [16]–[19]. Obično RFID sistem

sadrži primopredajnik, njegovu pripadajuću antenu i transpodere (tagove) koji su nosioci podataka. Sa pasivnim tagovima čitač kroz antenu emituje nisko-naponski radio signal, koji prima tag kroz sopstvenu antenu kako bi napajao integrisani čip. Koristeći energiju koja je dobijena kroz signal, tag nakratko komunicira sa čitačem za verifikaciju i razmenu podataka. Jednom kada je čitač primio podatke, isti mogu biti poslani na kontrolni računar i čuvani u bazi podataka za dalje obrade i analize. Aktivni takovi vrše iste zadatke kao i pasivni, samo je razlika u tome što aktivni tagovi šalju signal kroz sopstvenu antenu kontinualno koristeći napajanje sa interne baterije.

Dok pasivni i aktivni tag rade na različite načine, što je prikazano kroz Tabelu I., oni i dalje nose iste informacije, poznate kao elektronski kod proizvoda (EPC). Reč je o sistemu za numerisanje proizvoda, koji koristi dodatni skup brojeva upoređenih sa barkodovima i dodeljuje svakom proizvedenom predmetu jedinstven identifikacioni broj proizvoda. EPC sistem je povezan sa bazom podataka što povećava mogućnost za razmenu informacija. Postupak promene informacija, kao što je lokacija predmeta i broj proizvoda, je mnogo lakši, s obzirom da je informacija uskladištena samo na jednom mestu. To takođe znači da putanja proizvoda kroz lanac snabdevanja može biti pomno praćena i pregledana [3], [7], [20]. Karakteristike taga zavise od VLSI-a i komunikacionog protokola/tehnologije. Svaki tag ima različitu brzinu podataka, mogućnost čitanja, memoriju, troškove i životni vek (Tabela 1) [21].

TABELA I. RAZLIKE IZMEĐU PASIVNIH I AKTIVNIH TAGOVA

Pasivni tagovi	Aktivni tagovi
Frekvencija od 860-960 MHz	Frekvencija od 868/915 MHz i 2,4 GHz
Ne zahteva napajanje kako bi funkcionisao	Napaja se sa internom baterijom određenog veka trajanja
Kratkog dometa	Dugog dometa
246 bitova	20/40/250 bitova
Osetljiv na smetnje	Manje osetljiv na smetnje
Niske brzine prenosa podataka	Visoke brzine prenosa podataka
Može da se čita nekoliko tagova odjednom	Može da se čita mnogo tagova odjednom
Čitač mora biti upren u tag	Tagovi mogu da se čitaju bez preciznog ciljanja
Više nego deset puta jeftiniji od aktivnih tagova	Više nego deset puta skuplji od pasivnih tagova
Životni vek od 3 do 10 godina	Životni vek od 0,5 do 5 godina

### III. DISKUSIJA

RFID tehnologija se danas smatra glavnom tehnologijom u IT-u koja omogućava automatizaciju upravljanja lancima snabdevanja, praćenje imovine, praćenje životinja [22], kontrolu pristupa. Pored pomenutih namena, RFID sistemi imaju izrazito široku primenu i to za: medicinske analize, upravljanje skladištima, prikupljanje alata u proizvodnim sistemima, bez novčane transakcije, elektronsku imobilizaciju, sportske i rekreativne aktivnosti.

1D barkod	2D barkod	RFID
Zahteva optičku vidljivost da bi se mogao pročitati	Zahteva optičku vidljivost da bi se mogao pročitati	Može biti čitljiv i ako nije u vidokrugu
Mogu se čitati samo individualno	Mogu se čitati samo individualno	Može se čitati više tagova istovremeno
Može snimiti od 1-100 karaktera ili brojeva	Može snimiti nekoliko stotina karaktera ili brojeva	Može snimiti nekoliko hiljada karaktera ili brojeva
Brzina očitavanja uključujući i rukovanje operatera je prosečno oko 24 sekundi	Brzina očitavanja uključujući i rukovanje operatera je prosečno oko 26 sekundi	Brzina očitavanja uključujući i rukovanje operatera je prosečno oko 9 sekundi
Maksimalna udaljenost između nosača podataka i čitača je do 50 cm	Maksimalna udaljenost između nosača podataka i čitača je do 50 cm	Maksimalna udaljenost između nosača podataka i čitača je do nekoliko desetina metara
Cena etikete za barkod iznosi nekoliko centi, a neophodna oprema je značajno jeftinija nego za RFID sisteme	Cena etikete za barkod iznosi nekoliko centi, a neophodna oprema je značajno jeftinija nego za RFID sisteme	Cena RFID taga se kreće od nekoliko desetina centi do više desetina dolara za jedan tag u zavisnosti od tipa taga.
Ne može se čitati ako je oštećen ili prljav	Može se identifikovati i ako ima 30% oštećenja na sebi	Može da se nosi sa agresivnim i prljavim sredinama
Barkod može da izdrži i temeprature do 650 stepeni celzijusa [24]	Barkod može da izdrži i temeprature do 650 stepeni celzijusa [24]	U zavisnosti od vrste materijala od koje je napravljen, tag može da idrži temperaturu od 125/180/316 stepeni celzijusa [25]
Neautorizovano kopiranje je moguće	Neautorizovano kopiranje je moguće	Neautorizovano kopiranje je skoro nemoguće
Moguća je greška prilikom dekodiranja	Mogućnost greške dekodiranja 2D koda je već nego kod 1D koda.	Manje grešaka dekodiranja u odnosu na barkod sisteme
Lak za izradu, niski troškovi proizvodnje	Lak za izradu, niski troškovi proizvodnje	U odnosu na barkod viši su troškovi proizvodnje i teži je za izradu
Čitljiv je samo u jednom pravcu	Lako se može identifikovati mobilnim telefonom ili uređajem i čitljiv je u svim pravcima	Čitljiv je u svim pravcima i može se identifikovati sa mobilnim uređajima koji poseduju NFC
Može da identifikuje samo tip predmeta	Može da identifikuje specifičan predmet	Može da identifikuje specifičan predmet
Ne može se ažurirati	Ne može se ažurirati	Nove informacije mogu se prepisati preko postojećih
Zahteva manuelno praćenje, tako da je osetljiv na ljudske greške	Zahteva manuelno praćenje, tako da je osetljiv na ljudske greške	Može se automatski pratiti, čime je eliminisana ljudska greška
Nizak stepen otkaza opreme u vremenu	Nizak stepen otkaza opreme u vremenu	Visok stepen otkaza opreme u vremenu

Interesantna primena RFID sistema se pojavila u medicinskoj nauci gde se koristi za proces dijagnoze. Tzv. probavni tag je bezopasan i namerno krh, a koristi se za ispitivanje ljudskog tela (sistema) – stomaka, kuka, zglobova kolena [23]. Ovaj tag prestaje da radi kad se izloži želudačnoj kiselini.

Problemi koji su uočeni prilikom upotrebe RFID sistema su sledeći [26], [27]:

- Slomljena RFID i tag oprema,*
- Greške operatera zbog neadekvatnog pomeranja RFID antene,*
- Zbog otkaza RFID sistema nekad je neophodno kretati se kroz skladište i fizički skenirati sve police sa robom,*
- Pri pogrešnom skeniranju tagova sistem zvučno obaveštava operater koji mora da pogleda na ekran i zaustavi postupak skeniranja.*

Problemi koji su uočeni prilikom upotrebe barkod sistema su sledeći [27]:

- Nedostajanje oznake bar koda sa spoljašnje strane predmeta, zbog čega operater mora da se zavlači i sa unutrašnje strane da skenira barkod predmeta,*
- Oznake barkoda koje nisu čitljive,*
- Slomljena oprema za skeniranje barkodova i*

*d) Greške operatera kada netačno skeniraju bar kod ili su spori u zadatku koji treba da izvedu.*

U Tabeli II. data je uporedna analiza ključnih parametara 1D barkod, 2D barkod i RFID sistema za identifikovanje i prikupljanje informacijama o predmetima rada. Kao ključni parametri razmatrane su sve one karakteristike pomenutih identifikacionih sistema, koje su ključne i ne bi smele biti zanemarene u procesu donošenja odluke o izboru najpogodnijeg ID sistema za preduzeće koje tek planira da implementira jedan takav sistem.

#### IV. ZAKLJUČAK

U izradi ovog preglednog rada korišćen je holistički pristup, gde su za razliku od već postojećih radova ovakvog tipa, analizirana i svojstva identifikacionih tehnologija koje drugi autori nisu razmatrali, a koja su se značajno izmenila poslednjih godina razvojem novih materijala i time dovela do značajnih promene u svojstvima i performansama savremenih identifikacionih tehnologija.

Svaka od analiziranih identifikacionih tehnologija ima svoju oblast primene. Jednodimenzionalni barkod (1D) je više od pola veka u upotrebi, delom zbog jednostavnosti za izradu i korišćenje, a delom je za to zaslužena niske cene proizvodnje. Dvodimenzionalni barkod (2D) predstavlja unapređenje 1D barkod tehnologije, pri čemu služe istoj svrsi kao i 1D kod, ali na manjem prostoru uz povećanu količinu podataka koju je moguće skladištiti.

Barkod tehnologija zahteva optičku vidljivost, nemoguće je ažurirati podatke i neadekvatna je kao rešenje u prljavim i agresivnim radnim prostorima, međutim, ukoliko su troškovi glavno pitanje koje se postavlja, tada se barkod nameće kao bolje rešenje.

Za razliku od barkoda, RFID sistem aktivno emituje podatke eliminišući potrebu za manuelnim očitavanjima. Ova prednost značajno smanjuje troškove skladištenja, distribucije i inventarisanja i poboljšava korisnički servis. Takođe, RFID sistemi imaju kraće vreme skeniranja nego barkod sistem, uz mogućnost čitanja više tagova istovremeno. Sa druge strane problem kod implementacije RFID sistema su: visoke cene taga, kompleksnost i visoka cena kompletne investicija. Međutim, iako su RFID sistemi manje osetljivi na greške operatera nego barkod sistemi, prisutna je veća frekvencija otkaza opreme, što se često povezuje sa kompleksnošću iste.

U zavisnosti od tipa, veličine i potreba pojedinačnih proizvodnih i uslužnih sistema, bira se i adekvatna identifikaciona tehnologija koja će podržati poslovne procese. Veliki proizvodni i uslužni sistemi neretko primenjuju u svojim procesima više identifikacionih tehnologija, pronalazeći svakoj adekvatno mesto primene i na taj način upravljaju na efikasan i efektivan način svojim poslovanjem. Barkodovi i RFID sistemi mogu se koristiti kao ključ za daljinsko otvaranje i menjanje baze podataka.

#### LITERATURA

- [1] D. C. Wyld, "RFID 101: the next big thing for management," *Manag. Res. News*, vol. 29, no. 4, pp. 154–173, Apr. 2006.
- [2] B. S. Vijayaraman and B. A. Osyk, "An empirical study of RFID implementation in the warehousing industry," *Int. J. Logist. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 6–20, Jan. 2006.
- [3] W. Atkinson, "Tagged: the risks and rewards of RFID technology," *Risk Manag.*, vol. 51, no. 7, pp. 12–18, 2004.
- [4] V. Thillairajah, S. Gosain, and D. Clarke, "Realizing the Promise of RFID," 2010.
- [5] D. Hannon, *RFID still brings more questions than answers for inbound logistics*, vol. Purchasing, 2007, p. 43.
- [6] J. Fontelera, "Quest for the RFID supply-chain holy grail: ROI," *Convertingmagazine*, September, 2007.
- [7] V. Furness, "The RFID market outlook: New applications, best practice and future profit opportunities," *Bus. Insight*, 2005.
- [8] F. Lai, J. Hutchinson, and G. Zhang, "Radio frequency identification (RFID) in China: opportunities and challenges," *Int. J. Retail*, 2005.
- [9] H. Porter, "Surveillance is really getting under my skin," *Obs.*, 2006.
- [10] A. Strauch, "Securing the hole in RFID security," *Wirel. Des. Dev.*, vol. 15, no. 6, 2007.
- [11] N. Woodland and S. Bernard, "Classifying apparatus and method," *US Pat. 2,612,994*, 1952.
- [12] Accuracy tops UK, "Bar Code Technology, RFID, barcode, 2D barcode scanner, 2D imaging, QR code, EAN, AIDC, Datacapture | IT Reseller Magazine," 2012. [Online]. Available: <http://www.itportal.com/articles/tags/Bar+Code>. [Accessed: 09-Feb-2017].
- [13] "Altek Instruments -&gt; BarcodeMan -&gt; 2D Barcodes

- Explained." [Online]. Available: <http://www.barcodeman.com/faq/2d.php>. [Accessed: 09-Feb-2017].
- [14] D. Shaked, A. Levy, Z. Baharav, and J. Yen, "A visually significant two dimensional barcode," *Hewlett-Packard Lab. Tech. Rep.*, 2000.
- [15] Y.-C. Lin, W.-F. Cheung, and F.-C. Siao, "Developing mobile 2D barcode/RFID-based maintenance management system," *Autom. Constr.*, vol. 37, pp. 110–121, 2014.
- [16] P. Jones, C. Clarke-Hill, and D. Hillier, "The benefits, challenges and impacts of radio frequency identification technology (RFID) for retailers in the UK," *Mark. Intell.*, 2005.
- [17] P. Jones, C. Clarke-Hill, and P. Shears, "Radio frequency identification in the UK: opportunities and challenges," *J. Retail ...*, 2004.
- [18] J. Morgan and P. Ranky, "An introduction to radio frequency identification (RFID) methods and solutions," *Assem. Autom.*, 2006.
- [19] C. Sellitto, S. Burgess, and P. Hawking, "Information quality attributes associated with RFID-derived benefits in the retail supply chain," *Int. J. Retail Distrib. Manag.*, vol. 35, no. 1, pp. 69–87, Feb. 2007.
- [20] E. Prater, G. V. Frazier, and P. M. Reyes, "Future impacts of RFID on e-supply chains in grocery retailing," *Supply Chain Manag. An Int. J.*, vol. 10, no. 2, pp. 134–142, Apr. 2005.
- [21] M. A. Khan, M. A. Khan, M. Sharma, and H. P. R., "A Survey of RFID Tags."
- [22] P. Pongpaibool, "A study on performance of UHF RFID tags in a package for animal traceability application," *Inf. Technol. 2008. ECTI-CON ...*, 2008.
- [23] "Welcome | Next Nature Network." [Online]. Available: <https://www.nextnature.net/welcome/>. [Accessed: 10-Feb-2017].
- [24] "Bar Code Labels with Extreme High Temperature Resistance for Work In Process Applications • Camcode®." [Online]. Available: <https://www.camcode.com/xht-wip-labels.html>. [Accessed: 10-Feb-2017].
- [25] "Ask The Experts Forum - RFID Journal." [Online]. Available: <http://www.rfidjournal.com/blogs/experts/entry?8106>. [Accessed: 10-Feb-2017].
- [26] D. Klair, K. Chin, and R. Raad, "A survey and tutorial of RFID anti-collision protocols," *IEEE Commun. Surv.*, 2010.
- [27] M. Schmidt, L. Thoroe, and M. Schumann, "RFID and barcode in manufacturing logistics: interface concept for concurrent operation," *Inf. Syst.*, 2013.

#### ABSTRACT

Barcodes and Radio-Frequency Identification (RFID) technology are widely used in many industrial products for automatic identification in order to collect data and inventory control. This review paper provides a comparative analysis of the RFID and barcode technologies, with emphasis given to the recording of the number and nature of errors that each technology exhibits. The paper describes the key advantages and disadvantages of modern identification technology – one-dimensional barcode, two-dimensional barcode and RFID systems.

#### MODERN IDENTIFICATION TECHNOLOGIES - COMPARATIVE ANALYSIS

Nemanja Sremcevic, Milovan Lazarevic, Igor Baranovski, Milovan Medojevic