

Primjena RFID tehnologije za izgradnju pametnog sveučilišta

Maurovic, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:273625>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Fakultet Informatike u Puli

MARIN MAUROVIC

**PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE ZA IZGRADNJU
PAMETNOG SVEUČILIŠTA**

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Fakultet Informatike u Puli

MARIN MAUROVIC

**PRIMJENA RFID
TEHNOLOGIJE ZA
IZGRADNJU PAMETNOG
SVEUČILIŠTA**

ZAVRŠNI RAD

JMBAG:0069079789

Studijski smjer: Informatika

Kolegij: Informacijska tehnologija i društvo

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Informacijske i komunikacijske znanosti

Znanstvena grana: Informacijski sustavi i informatologija

Mentor: Doc. dr. sc. Snježana Babić



IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Marin Maurovic, kandidat za prvostupnika Informatike ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljeni način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

 Student

U Puli, 09.02.2023



IZJAVA O KORIŠTENJU AUTORSKOG DJELA

Ja, Marin Maurovic dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj Završni rad pod nazivom PRIMJENA RFID TEHNOLOGIJE ZA IZGRADNJU PAMETNOG SVEUČILIŠTA

koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 09.02.2023

Potpis

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. RFID TEHNOLOGIJA.....	2
2.1 Vrste RFID Oznaka.....	3
2.2 Vrste RFID sustava.....	6
2.3 RFID međuprogram.....	7
3. PAMETNO SVEUČILIŠTE.....	10
3.1 Funkcije pametnog sveučilišta.....	11
3.2 Moduli pametnog sveučilišta.....	12
3.3 Prednosti pametnog sveučilišta.....	14
3.4 Utjecaj pametnog sveučilišta na budućnost rada.....	16
3.5 Podatkovna i cyber-sigurnost na pametnom sveučilištu.....	17
3.6 Utjecaj pametnog kampusa na budućnosti učenja.....	17
4. ULOGA RFID TEHNOLOGIJE NA PAMETNOM SVEUČILIŠTU.....	19
4.1 Struktura podataka na RFID Studentskoj Iskaznici za studente.....	19
4.2 Korištenje RFID iskaznice za parking.....	20
4.3 Korištenje RFID iskaznice za posudbu opreme.....	20
4.4 Korištenje RFID iskaznice za praćenje dolazaka na nastavu.....	21
5. Primjeri Pametnih Sveučilišta u svijetu.....	22
5.1 Sveučilište u Sjevernoj Arizoni (NAU).....	22

5.2 Sveučilište u Kataru	22
5.3 Kingston Sveučilište u Londonu	23
5.4 Sveučilište u Istočnoj Anglii (UEA)	25
5.5 Hebrejsko Sveučilište u Jeruzalemu	27
5.6 Sveučilište u Oregonu (OSU)	28
5.7 Sveučilište u Minhu	30
6. Komparativna Tablica RFID tehnologije korištene na Sveučilištima	32
7. Zaključak.....	34
Literatura.....	
Popis Slika	
Popis Tablica.....	
Sažetak	
Abstract.....	

1. UVOD

Tehnologija radiofrekvencijske identifikacije (RFID) bežični je komunikacijski sustav koji je naširoko prihvaćen u raznim industrijama i aplikacijama. Ova tehnologija koristi radio valove za prijenos podataka između čitača i oznake pričvršćene na objekt. Tijekom godina, RFID tehnologija se pokazala kao pouzdan i učinkovit alat za praćenje, nadzor i upravljanje imovinom.

Obrazovni sektor nije zaostao u usvajanju RFID tehnologije. RFID je pronašao primjenu u raznim područjima sveučilišta, uključujući identifikaciju studenata, upravljanje knjižnicom i praćenje imovine. Integracija RFID tehnologije u sveučilišta ima potencijal transformirati obrazovno iskustvo, čineći ga pametnijim i učinkovitijim.

Ovaj završni rad fokusira se na korištenje RFID tehnologije na pametnim sveučilištima. Glavni cilj je ispitati prednosti korištenja RFID tehnologije na sveučilištima i izazove povezane s njezinom implementacijom. Teza će također dati preporuke o tome kako se RFID tehnologija može učinkovito integrirati u obrazovni sektor kako bi se poboljšalo iskustvo učenja.

Rad će se provesti kroz opsežan pregled literature i studije slučaja sveučilišta koja su već usvojila RFID tehnologiju. Rezultati ove istraživanja pružit će vrijedan uvid u korištenje RFID tehnologije na sveučilištima i njezin potencijal za poboljšanje obrazovnog iskustva.

Zaključno, ovaj rad pružit će sveobuhvatan pregled korištenja RFID tehnologije na pametnim sveučilištima i njezin potencijal za transformaciju obrazovnog sektora. Nadamo se da će rezultati ove studije biti korisni sveučilištima i drugim dionicima u obrazovnom sektoru u njihovim nastojanjima da poboljšaju iskustvo učenja kroz usvajanje RFID tehnologije.

2. RFID TEHNOLOGIJA

Want u svojem radu opisuje Radiofrekvencijsku identifikaciju (RFID) kao bežičnu tehnologiju koja koristi radio valove za komunikaciju između čitača i oznake pričvršćene na predmet, u svrhu identifikacije i praćenja. Tehnologija je prisutna već nekoliko desetljeća, ali je posljednjih godina doživjela brzi rast zbog napretka hardvera i softvera te sve veće potrebe za učinkovitim sustavima praćenja i identifikacije. RFID tehnologija ima brojne namjene u raznim industrijama, uključujući maloprodaju, transport, zdravstvenu skrb i obrazovanje. (Want, 2006)

Zhu opisuje svrhu RFID tehnologije u raznim sektorima:

U maloprodaji se, RFID tehnologija koristi za upravljanje zalihama, omogućujući trgovcima da prate razine zaliha i brzo nadoknade proizvode koji su pri kraju. RFID tehnologija također se može koristiti za praćenje kretanja proizvoda kroz opskrbni lanac, od proizvođača do trgovca, pružajući vrijedne informacije o vremenu isporuke, troškovima dostave i dostupnosti proizvoda. (Zhu, Mukhopadhyay, Kurata, 2012)

U transportu se RFID tehnologija koristi za praćenje vozila, transportnih kontejnera i tereta. Pričvršćivanjem RFID oznaka na vozila i transportne kontejnere, prijevozničke tvrtke mogu pratiti kretanje svoje imovine u stvarnom vremenu, smanjujući rizik od gubitka ili krađe i poboljšavajući učinkovitost svojih operacija. (Zhu, Mukhopadhyay, Kurata, 2012)

U zdravstvu se RFID tehnologija koristi za praćenje pacijenata, davanje lijekova i upravljanje medicinskom opremom. Korištenjem RFID oznaka na pacijentima i medicinskoj opremi, pružatelji zdravstvenih usluga mogu brzo locirati i pratiti kretanje svoje imovine, poboljšavajući učinkovitost svojih operacija i smanjujući rizik od pogrešaka ili nezgoda. (Zhu, Mukhopadhyay, Kurata, 2012)

U obrazovanju se RFID tehnologija koristi za praćenje učenika i osoblja, upravljanje knjižnicom i kontrolu pristupa. Korištenjem RFID oznaka na učenicima i osoblju, obrazovne ustanove mogu brzo locirati i pratiti kretanje svoje imovine, poboljšavajući sigurnost i zaštitu svojih objekata. RFID tehnologija također se može koristiti u knjižnicama za praćenje kretanja knjiga i drugih materijala, olakšavajući osoblju upravljanje njihovim zbirkama, a posjetiteljima pronalaženje materijala koji im je potreban. (Zhu, Mukhopadhyay, Kurata, 2012)

Prednosti RFID tehnologije u odnosu na tradicionalnu tehnologiju crtičnog koda su brojne. RFID oznake mogu se čitati iz daljine, bez linije vidljivosti, i mogu pružiti više informacija od crtičnog koda. Osim toga, RFID tehnologija omogućuje praćenje više stavki istovremeno, što je čini učinkovitijim rješenjem za velike aplikacije praćenja. (Want, 2006)

Curtinovo mišljenje je da unatoč brojnim prednostima, RFID tehnologija ne dolazi bez izazova. Jedan od glavnih izazova RFID tehnologije je njezina cijena, koja može biti veća od tradicionalne tehnologije crtičnog koda. Dodatno, RFID tehnologija može biti osjetljiva na smetnje iz drugih izvora, poput metalnih predmeta ili drugih RFID čitača. (Curtin, Kauffman, Riggins, 2007)

Zaključno, RFID tehnologija je svestrano i učinkovito rješenje za identifikaciju i praćenje u raznim industrijama. Sa svojom sposobnošću praćenja više artikala istovremeno, pružanja više informacija od crtičnog koda i poboljšanja učinkovitosti operacija, RFID tehnologija je važan alat za tvrtke i organizacije koje trebaju pratiti svoju imovinu. Iako tehnologija nije bez izazova, prednosti RFID tehnologije su jasne i čine je ključnim alatom za organizacije koje žele poboljšati svoje poslovanje i učinkovitost. (Curtin, Kauffman, Riggins, 2007)

2.1 Vrste RFID Oznaka

Tehnologija radiofrekvencijske identifikacije (RFID) koristi oznake za pohranu i prijenos informacija u svrhu identifikacije i praćenja. Postoji nekoliko vrsta RFID oznaka, a svaka je dizajnirana za posebne primjene i okruženja. U ovom eseju raspravljat ćemo o različitim vrstama RFID oznaka i njihovoj upotrebi. (Want, 2006)

Raza u svom radu podijeljuje glavne vrste RFID oznaka, koje su:

1. **Pasivne RFID oznake**, prikazane na slici 1, su najčešće korištena vrsta RFID oznaka. Ove oznake nemaju vlastiti izvor napajanja i oslanjaju se na čitač za napajanje njihovih mikročipova i prijenos podataka. Pasivne RFID oznake obično su male, jeftine i imaju dug životni vijek, što ih čini idealnim za korištenje u raznim primjenama, uključujući upravljanje maloprodajnim inventarom, praćenje opskrbnog lanca i kontrolu pristupa. (Raza, Bradshaw, Hague, 1999)



Slika 1 - Pasivna RFID Oznaka (Izvor: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/active-rfid-vs-passive-rfid>)

- Aktivne RFID oznake**, prikazane na slici 2, su vrsta RFID oznaka koje imaju vlastiti izvor napajanja, obično bateriju. Aktivne RFID oznake mogu prenositi podatke na veće udaljenosti od pasivnih oznaka, što ih čini idealnim za korištenje u logističkim i transportnim aplikacijama, kao što je praćenje vozila i upravljanje teretom. Aktivne RFID oznake također su robusnije i mogu izdržati oštra okruženja, što ih čini prikladnima za upotrebu u industrijskim aplikacijama. (Raza, Bradshaw, Hague, 1999)



Slika 2 - Aktivna RFID oznaka (Izvor: <https://www.rfidinc.com/uhf-433-mhz-active-rfid-tags>)

- Polu-pasivne RFID oznake**, prikazane na slici 3, hibrid su između pasivnih i aktivnih RFID oznaka. Polupasivne RFID oznake koriste bateriju za napajanje svojih mikročipova, ali se oslanjaju na čitač za prijenos podataka. Ove se oznake obično koriste u aplikacijama gdje je potreban duži raspon očitavanja, ali oznaka s baterijskim napajanjem nije praktična zbog problema s troškovima ili održavanjem. (Raza, Bradshaw, Hague, 1999)



Slika 3 - Polu-pasivna RFID oznaka (Izvor: <https://telecom.altanai.com/tag/semi-passive-rfid-tags/>)

- RFID oznake osjetljive na temperaturu**, prikazane na slici 4, su vrsta RFID oznaka posebno dizajniranih za aplikacije praćenja temperature. Ove oznake imaju ugrađen senzor temperature koji može pratiti temperaturu predmeta, što ih čini idealnim za korištenje u upravljanju hladnim lancem, sigurnosti hrane i medicinskom praćenju temperature. (Raza, Bradshaw, Hague, 1999)



Slika 4 - RFID oznake osjetljiva na temperaturu (Izvor: https://www.dorfidtag.com/RFID-tag-temperature-sensor-NFC-temperature-data-logger_2478.html)

- RFID oznake za praćenje imovine** vrsta su RFID oznake posebno dizajnirane za aplikacije za praćenje imovine. Ove oznake imaju robustan dizajn i mogu izdržati oštra okruženja, što ih čini prikladnima za upotrebu u industrijskim i logističkim aplikacijama, kao što je praćenje strojeva i opreme. (Raza, Bradshaw, Hague, 1999)

2.2 Vrste RFID sustava

Frekvencija na kojoj radiovalovi RFID sustava rade određuje domet i performanse istoga. Postoji nekoliko postavki frekvencije koje se koriste u RFID sustavima, uključujući niskofrekventne (LF), visokofrekventne (HF) i ultravisokofrekventne (UHF) sustave. (Curtin, Kauffman, Riggins, 2007)

U ovom eseju raspravljat ćemo o razlikama između ovih frekvencijskih postavki i njihovoj upotrebi, opisanim u Wantovom radu.

Niskofrekventni (LF) RFID sustavi (slika 5) rade na frekvenciji od 125-134 kHz. LF RFID sustavi imaju relativno mali raspon očitavanja, obično nekoliko centimetara, što ih čini idealnim za upotrebu u aplikacijama gdje je potrebna neposredna blizina, kao što je praćenje životinja i kontrola pristupa. Niskofrekventni RFID sustavi su također manje osjetljivi na smetnje od metalnih predmeta i drugih elektroničkih uređaja, što ih čini prikladnima za upotrebu u industrijskim i teškim okruženjima. (Want, 2006)



Slika 5 - Niskofrekventni RFID čitač (Izvor: <https://gaorfid.com/devices/rfid-readers-frequency/>)

Visokofrekventni (HF) RFID sustavi (slika 6) rade na frekvenciji od 13,56 MHz. HF RFID sustavi imaju veći domet čitanja od LF sustava, obično od par metara, što ih čini idealnim za upotrebu u aplikacijama gdje je potreban veći domet čitanja, kao što je praćenje knjiga u knjižnici i kontrola putovnica. Visokofrekventni RFID sustavi osjetljivi su na smetnje od metalnih predmeta i drugih elektroničkih uređaja, naspram niskofrekventnim sustavima. (Want, 2006)



Slika 6 - Visokofrekventni RFID čitač (Izvor: <https://gaorfid.com/devices/rfid-readers-frequency/high-frequency-13-56-mhz-rfid-readers/>)

Ultravisokofrekventni (UHF) RFID sustavi, prikazani na slici 7, rade na frekvenciji od 868-915 MHz. UHF RFID sustavi imaju najveći domet očitavanja od svih RFID sustava, koji doseže do desetke metara, što ih čini idealnim za upotrebu u logističkim i transportnim aplikacijama, kao što je upravljanje teretom i praćenje vozila. Duži raspon očitavanja UHF RFID sustava čini ih manje osjetljivima na smetnje izazvane preprekama, što ih čini prikladnima za korištenje u otvorenim i vanjskim okruženjima. (Want, 2006)



Slika 7 - Ultravisokofrekventni RFID čitač (Izvor: <https://researchdesignlab.com/uhf-rfid-reader-894.html>)

2.3 RFID međuprogram

Weinstein opisuje Međuprogram (eng. Middleware) za radiofrekvencijsku identifikaciju (RFID) kao softverski sloj koji se nalazi između RFID hardverskih komponenti i softverskih aplikacija

više razine. Služi kao posrednik, pretvarajući sirove podatke iz RFID čitača u korisne informacije koje mogu obraditi i analizirati aplikacije više razine. RFID međuprogram je bitna komponenta RFID sustava, omogućavajući besprijekornu integraciju RFID podataka u postojeće poslovne procese i sustave. (Curtin, Kauffman, Riggins, 2007)

RFID međuprogramska oprema obavlja nekoliko ključnih funkcija, uključujući filtriranje podataka, prevođenje podataka i upravljanje podacima. (Weinstein, 2005)

Filtriranje podataka uključuje uklanjanje neželjenih podataka iz neobrađenih podataka primljenih od RFID čitača. To pomaže smanjiti količinu podataka koje je potrebno obraditi i poboljšava točnost podataka. (Weinstein, 2005)

Prijevod podataka uključuje pretvaranje sirovih podataka iz RFID čitača u format koji mogu razumjeti i obraditi aplikacije više razine. (Weinstein, 2005)

Upravljanje podacima uključuje pohranjivanje, organiziranje i upravljanje RFID podacima na način koji ih čini lako dostupnima i upotrebljivima. (Weinstein, 2005)

Jedan primjer RFID međuprograma je SAP¹ Auto-ID Infrastructure (AII). SAP AII je softversko rješenje koje integrira RFID podatke u SAP sustave, omogućujući tvrtkama korištenje RFID podataka za poboljšanje operacija lanca opskrbe i dobivanje uvida u svoje operacije u stvarnom vremenu. SAP AII koristi filtriranje podataka, prevođenje podataka i upravljanje podacima za pretvaranje sirovih RFID podataka u korisne informacije koje mogu koristiti SAP aplikacije. (Curtin, Kauffman, Riggins, 2007)

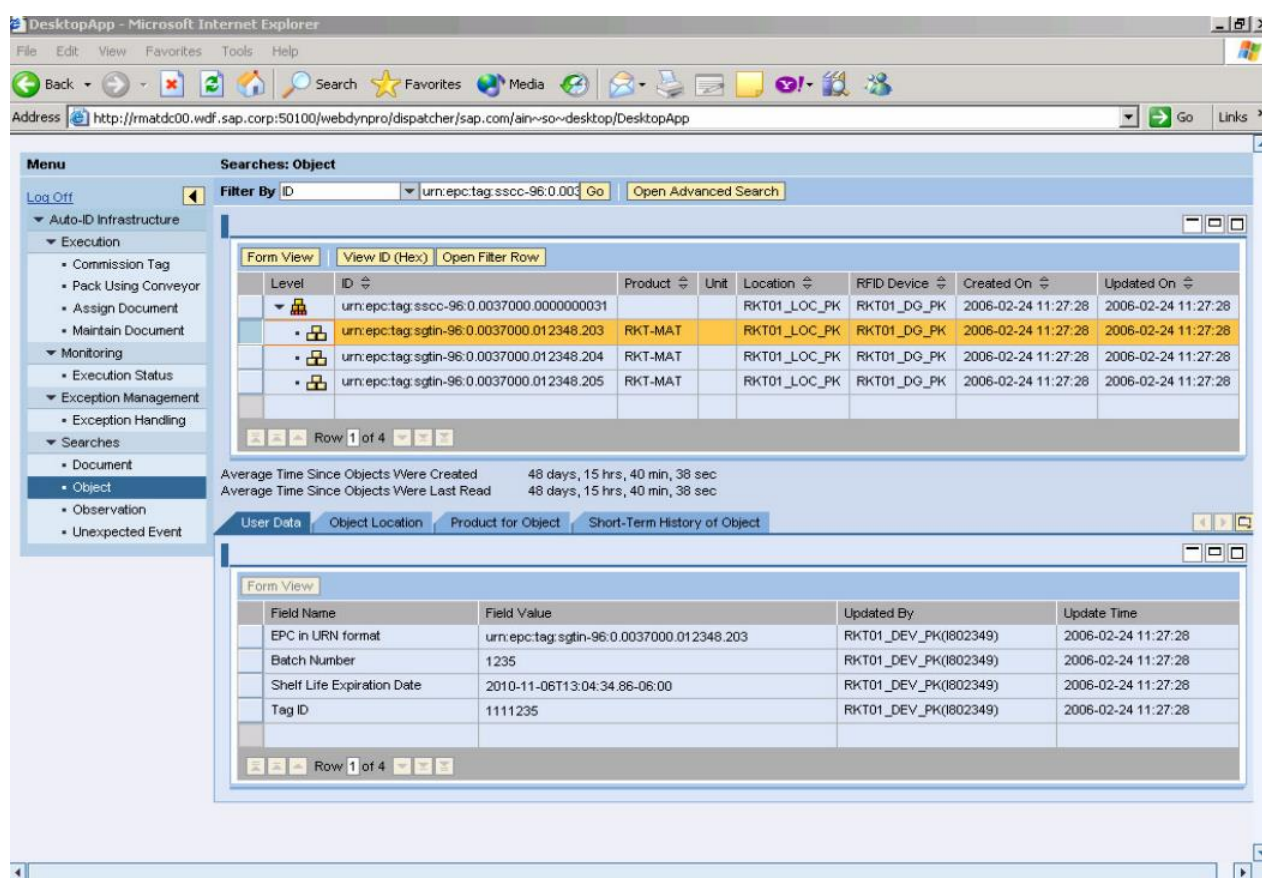
Još jedan primjer RFID međuprograma je Oracle RFID međuprogram. Oracle RFID Middleware softversko je rješenje koje integrira RFID podatke u Oracle² sustave, omogućujući tvrtkama korištenje RFID podataka za poboljšanje operacija lanca opskrbe i dobivanje uvida u svoje operacije u stvarnom vremenu. (Curtin, Kauffman, Riggins, 2007)

¹ SAP - europska multinacionalna softverska tvrtka sa sjedištem u Walldorfu, Baden-Württemberg. Razvija poslovni softver za upravljanje poslovnim operacijama i odnosima s klijentima.

² Oracle je američka multinacionalna korporacija računalne tehnologije sa sjedištem u Austinu, Texas.

RFID međuprogram je kritična komponenta RFID sustava, pružajući most između RFID hardvera i softverskih aplikacija više razine. Obavlja ključne funkcije kao što su filtriranje podataka, prevođenje podataka i upravljanje podacima, omogućujući tvrtkama da sirove RFID podatke pretvore u korisne informacije koje se mogu koristiti za poboljšanje njihovog poslovanja. RFID middleware rješenja, kao što su SAP AII i Oracle RFID Middleware, pružaju tvrtkama alate koji su im potrebni da u potpunosti iskoriste prednosti RFID tehnologije. (Weinstein, 2005)

Na slici 8 možemo vidjeti korisničko sučelje SAP AII međuprograma i način na koji program zabilježuje skenirane RFID oznake.



Slika 8 - SAP AII korisničko sučelje (Izvor: https://wca.org/wp-content/uploads/2015/11/Khaitan_RFID_13Feb07.pdf)

3. PAMETNO SVEUČILIŠTE

Pametna sveučilišta obrazovne su ustanove koje koriste tehnologiju kako bi poboljšale svoje poslovanje i iskustvo studenata. Ova sveučilišta koriste tehnologiju kao što je Internet Stvari (IoT), umjetna inteligencija (AI) i analitika podataka za stvaranje učinkovitije i interaktivnije okruženje za učenje. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

Pametna sveučilišta koriste tehnologiju za optimizaciju svojih procesa, kao što je pojednostavljenje administrativnih zadataka i poboljšanje komunikacije između studenata, nastavnika i osoblja. Oni također koriste tehnologiju za poboljšanje studentskog iskustva pružajući studentima pristup digitalnim resursima i alatima, kao što su online materijali za tečajeve, virtualna okruženja za učenje i povratne informacije o njihovoj uspješnosti u stvarnom vremenu. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Osim toga, pametna sveučilišta koriste tehnologiju za prikupljanje i analizu podataka, omogućujući im da donose informirane odluke o svom poslovanju i poboljšaju svoju ukupnu izvedbu. Na primjer, mogu koristiti analitiku podataka za procjenu angažmana učenika i praćenje napretka učenika, omogućujući im da identificiraju područja u kojima mogu poboljšati kvalitetu obrazovanja koje pružaju. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Pametna sveučilišta također koriste tehnologiju za poticanje održivijeg i ekološki prihvatljivijeg okruženja kampusa. Na primjer, mogu koristiti uređaje s omogućenim IoT-om za praćenje potrošnje energije i provedbu inicijativa za uštedu energije. Također mogu koristiti tehnologiju za promicanje alternativnih mogućnosti prijevoza, kao što su programi dijeljenja bicikala i električnih vozila, čime se pomaže smanjiti njihov ugljični otisak. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Pametna sveučilišta trebala bi nastojati pridržavanju sljedeća 4 načela:

1. Intuitivnost i jednostavnost

Studenti i drugi visokoškolski sastavnici žele komunicirati sa sustavom koji je urođen i jednostavan za korištenje. Osnovna platforma trebala bi pružiti intuitivno korisničko iskustvo. Interakciju s platformom treba omogućiti višestrukim sučeljima—video, glas, gesta, dodir. Platforma bi trebala biti osmišljena tako da adresira tko se i kako služi njom.

(Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

2. Usmjerenost na ljudskost

Prava inteligencija i vrijednost za pametno sveučilište proizlaziti će iz razmišljanja iz korisničke perspektive, odnosno njihovim iskustvima korisnika i temeljnim slučajevima korištenja te iskustvima korisnika kada su u interakciji s platformom pametnog sveučilišta. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

3. Modularnost i fleksibilnost

Potrebe sveučilišta i tehnologija za njihovu podršku stalno će se razvijati. Za rješavanje ovog izazova, rješenje pametnog sveučilišta može koristiti arhitekturu dizajna vođenu domenom koja bi se temeljila na mikroservisima koji vode transformaciju kampusa. Ovaj pristup arhitekturi pruža fleksibilnost usluga "preobličavanja", što omogućuje pametnom kampusu da se razvija tijekom vremena (otporan na budućnost) i omogućuje ponovnu upotrebu na bilo koji način. To zauzvrat pomaže da se sustavi dizajniraju na način koji osigurava da se adresiraju sve promjenjive potrebe krajnjih korisnika. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

4. Prilagodljivost i skalabilnost

Rješenje idealno može omogućiti fakultetima i sveučilištima da surađuju s kolegama i da se masovno proširuju. Iako je većina visokoškolskih ustanova lokalna u svom dosegu i opsegu, kako bi se ispunili ciljevi institucije, rješenje pametnog kampusa može omogućiti globalnu skalabilnost: rješenje može iskoristiti digitalne alate i tehnologije kako bi pružilo besprijekorna iskustva temeljena na podacima uz omogućavanje pristupa i razmjera. Bilo da se studenti nalaze u fizičkoj učionici na sveučilištu ili u virtualnoj online učionici (sudjeluju s bilo kojeg mjesta u svijetu), rješenje se može izgraditi kako bi ih podržalo. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

3.1 Funkcije pametnog sveučilišta

Funkcije pametnog sveučilišta stvaraju digitalno povezanu instituciju koja pruža svim strankama bolje iskustvo. Neke od značajnijih funkcija su:

1. potaknuti pozitivna iskustva potičući dinamičan angažman sudionika
2. poticati digitalnu kulturu za stvaranje i prikupljanje podataka, dobivanje uvida iz tih

- podataka i njihovo korištenje u svrhu unaprijeđenja sveučilišta
3. koristiti nove interaktivne modele učenja korištenjem digitalnih sredstava
 4. poboljšati operativnu učinkovitost i djelotvornost postojećih obrazovnih modela kroz najsuvremenije tehnologije

Pametno sveučilište izgleda izrazito drugačije od sveučilišta i fakulteta u prošlosti, a u mnogim slučajevima i sadašnjosti. Koristeći tehnologije koje omogućuju beskontaktna i intuitivna iskustva, ovi pametni kampusi koriste istinsku transformaciju kako bi pružili razinu usluge koju su očekivali njihovo digitalno izvorno studentsko tijelo i fakultet. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Prihvatanjem strategije pametnog kampusa, institucije mogu pomoći osigurati da ostanu održive i relevantne, poboljšavajući iskustvo za studente, profesore, administratore i istraživače, kao i za okolnu zajednicu u kojoj koegzistiraju. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

3.2 Moduli pametnog sveučilišta

Pametni kampus više je od sustava ili zbirka aplikacija, platformi ili infrastrukture koje se koriste na zatvoren način oko kampusa. Integracija zahtijeva strateški okvir koji potiče povezani ekosustav i stvara novo, uzbudljivo iskustvo za svih.

Potrebne su nove tehnologije kako bismo razvili sljedeću generaciju kampusa - tehnologije koje su umrežene u strukturu i procese institucije te stvaraju pametne zajednice za svoje studente, zaposlenike i građane. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

U okviru dizajna pametnog kampusa, organizacije preusmjeravaju fokus od procesa do ishoda i zatim usklađuje slučajeve prikladne za njihovu ustanovu. Tada mogu odabrati dokazane inovacije koje će poticati željene rezultate. Ovo su neke od značajnih struktura koje se mogu uvesti na jedno sveučilište:

- **Pametni Student**

Student ima pristup svim korisničkim podacima na web/cloud platformi. Preko nje je omogućen pregled svim bitnim podacima vezanim uz studiju, studentska prava i slično.

- **Pametna Učionica**

Sveučilište je opremljeno modernim tehnologijama koje omogućuje interaktivnu nastavu i lakše praćenje. Sva oprema je umrežena i dostupna djelatnicima i studentima za svrhe učenja.

- **Pametna Administracija**

Pomoć od studentskih službi dostupna je online te nije potrebno čekanje velikih redova za jednostavne postupke. Dio radnji omogućen je studentima autonomski bez potrebe ljudske pomoći.

- **Pametni Dom**

Studentska menza i dom funkcioniraju pristupom prijave i praćenja. Tako da student ima pristup informacijama o menzi unaprijed, i otključavanje prostorija putem mobitela/kartica.

- **Pametna Logistika**

Logistika kao šta su prijevoz (od/do kampusa) te parking koristi suvremenu tehnologiju praćenja kako bi se olakšao promet u tom području.

Također je od vitalne važnosti da kampus iskoristi svoja postojeća ulaganja u heterogena tehnološka okruženja i iz toga gradi dalje kako bi omogućili transformaciju. Zbog ovog razloga, fakultetima i sveučilištima trebati će mreža koja može pružiti visoku otpornost, visoke performanse i proaktivnu sigurnost. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

Ovako strateški osmišljena mreža za pametni kampus služiti će kao temelj tehnološke arhitekture koja omogućuje njegove pametne interakcije. Vizija pametnog kampusa oslanja se na niz različitih tehnologija. Robustan pametni kampus tehnološke arhitekture treba imati sljedeće slojeve:

- Prezentacija/kanali
- Analitika i automatizacija
- Podatkovna platforma
- Integracija
- Enterprise aplikacije (aplikacije za veliki broj korisnika)

- Infrastruktura
- Sigurnost i rizik

3.3 Prednosti pametnog sveučilišta

S drugim industrijama koje uključuju smart okruženja, očekivano je da same odgojno-obrazovne ustanove adaptiraju iste. Pametno okruženje usmjereno na osobu omogućuje pametnom kampusu nadopuniti i uskladiti strategije pametnog okoliša, dopuštajući kampusu postizanje maksimalne učinkovitosti, poticajući održivost i poboljšajući svakodnevicu građanima.

Pametani kampus može poboljšati tri važna faktora: iskustvo, učinkovitost, i obrazovanje. Može pomoći u preoblikovanju načina na koji studenti uče, kako uče, što uče i kako komuniciraju s institucijom. Može biti i katalizator za transformacije koje će vjerojatno omogućiti kampusu rješavanje budućnosti učenja i budućnost rada uz preoblikovanje iskustva kampusa. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Njeguje digitalno povezano iskustvo

Dobro osmišljena infrastruktura i strategija podataka pruža smislene informacije koje omogućuju komunikaciju između studenata, fakulteta, osoblja i bivših studenata.

Današnje robusne mogućnosti obrade podataka pomažu administrativnom osoblju u analizi njihove goleme količine podataka, zatim mogu proaktivno reagirati i poticati pozitivne ishode. Osigura obrazovne alate za suradnju koji mogu podržati akademska putovanja svih vrsta učenika. Omogućuje povezane automatizacije za stvaranje besprijekorno i intuitivno iskustvo kampusa. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Pritisak na troškove

Prijelaz na pametan kampus omogućuje institucijama pojednostavljenje procesa, smanjenje troškova, i operativnu učinkovitost kroz uvid, automatizaciju i zamjenu zastarjelih postupaka s inovativnim praksama.

Kampusi mogu koristiti stečene uvide od podatkovne strategije da bi proaktivno rješavali

probleme, omogućavajući učinkovitost kroz promišljeni redizajn.

Slično gradu, održavanje zgrada, objekata, krajolika i električnih mreža, ključno je kod operativne učinkovitosti. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

Podiže komunikaciju i svijest

Studenti, profesori i osoblje imaju mnogo intuitivnije iskustvo dok borave u kampusu i okolini zajednice. Interakcije su jednostavnije za korištenje i dizajnom slične su potrošaču.

Učenici su osnaženi izborom i društvenom svijest, dok kampus može proaktivno komunicirati i informirati njihove sastavnice. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

Pružaju osjećaj sigurnosti

Povezivanja omogućuju kampusu njegovanje osjećaja sigurnosti. Pametan kampus može koristiti napredovanja poput prepoznavanja lica, izvještavanja i sustave za dojavu, senzore pucanja, lokacijsku inteligenciju i obrasce rudarenja za osnažiti osjećaj sigurnosti studenata i osoblja. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Omogućena kvaliteta života

Poboljšana povezanost s Wi-Fi i mobilnim aplikacijama koja su respozivna, pouzdana i intuitivna zadovoljava njihove potrebe efektivno i učinkovito.

Omogućuje projektiranje i održavanje prijevoza i strategije mobilnosti. Prijevoz je ključni čimbenik koji utječe na sposobnost učenika da nastavi svoje školovanje. U puno slučajeva, okolni gradski autobusi i vlakovi igraju integralnu ulogu u navođenju učenika na i iz kampusa. Također, budući da je su više učenika odrasli radnici, oni trebaju praktične opcije između posla i kampusa.

Kampus može također pružati nosive uređaje (poput pametnih satova) kako bi studenti i zaposlenici imali uvid u svoje zdravstveno stanje i pravovremeno promijenili svakodanašnje navike. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Potiče uključenost i jednakost

Razumijevanje ponovljenih događaja okolo raznih aktivnosti i inicijativa unutar kampusa može pomoći školi u njegovanju inkluzije i potaknuti ravnopravnost. Nadzorne ploče o uključenosti i raznolikosti su vrijedan i djelotvoran uvid.

Znanje stečeno obrazovanjem pokreće gospodarstvo i poboljšava pristup obrazovanju koji će dodatno potaknuti više inkluzivnih zajednica. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

3.4 Utjecaj pametnog sveučilišta na budućnost rada

Kao i u drugim sektorima, kampusi uključuju tehnologije novih generacija, kao što su umjetna inteligencija (AI), machine learning (ML), blockchain tehnologija, i automatizacija. Koristeći istu tehnologiju, pametno sveučilište upoznava studente s ovim pojmovima prije samog zapošljavanja.

Beskrajni niz promjena donosi dva ključna pitanja:

1. Koja je uloga institucije u pripremi svojih učenika za budućnost u struci?
2. Kako će same institucije imati prednost budućeg napretka rada kako bi bolje postigli svoje misije, poboljšali performanse i bili operativno učinkovitiji?

Ove će rasprave pomoći institucijama preoblikovati urede i uloge raznih osoblja u svakoj jedinici. Digitalno radno mjesto, mobilnost zaposlenika i ekonomija nastupa mijenja način rada samih sveučilišta.

Preraspodjela osoblja na više smislene aktivnosti bit će vježba koju će svi kampusi sljedeće generacije morai primijeniti. Kako se inovativne prakse apsorbiraju u kampusima i u industriji, akademskim čelnici prepoznat će karijere, poslove i uloge koje možda više nisu relevantne. Ovo će također omogućiti fakultetu ponovni posjet programima, nastavnim planovima i ishodima učenja kako bi osigurali da pozicioniraju svoje učenike za posao iz budućnosti. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

3.5 Podatkovna i cyber-sigurnost na pametnom sveučilištu

Kako kampusi usvajaju sve više različitih načina interakcije s unutarnjim i vanjskim izbornim jedinicama, osiguravanje vlasništva informacija i drugih kritičnih institucionalnih imovina postaje eksponencijalno teže, i ispunjavanje regulatornih zahtjeva kompleksnije. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

Sve veća sveprisutnost IoT-a i njegovih međupovezanosti u višim obrazovnim kampusima stvaraju kompleks digitalnog okruženja u kojem kibernetički napadi i ranjivosti u jednom području mogu imati kaskadni učinak na više područja i posljedice mogu nadilaziti uobičajeni gubitak podataka. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

Implikacije mogu uključivati poremećaj ključnih obrazovnih usluga, infrastrukture, i potencijalno bi mogla utjecati na sveobuhvatni ekosustav pametnih gradova. Pametni pristup sigurnosti kampusa omogućuje visokoškolskim ustanovama implementaciju integriranog kibernetičkog rizika koji pruža strukturu za prepoznavanje prijetnji, ranjivosti, i implementacije cyber rješenja za upravljanje rizicima. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Sposobnost cyber rizika sastavni je dio okvira pametnog kampusa i uključuje industrijske standarde, pravne, i regulatorne zahtjeve za uspostavu konteksta kako cyber rizik može utjecati cijeli ekosustav uključujući akademskih zajednica, usluga, infrastruktura, i procesa. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

3.6 Utjecaj pametnog kampusa na budućnosti učenja

Pametani kampus nudi fakultetima tehnološki napredak za poboljšanje kvalitete nastave u učionici i učenje studenta. Olakšavanje ovog procesa može biti kritičan zadatak, s obzirom da ne samo da profesor predaje mnoštvu učenika u bilo kojem trenutku, ali svaki učenik ima svoj stil učenja i svoju brzinu. Pametan kampus nudi niz pametnih, tehnoloških rješenja koji dodaju vrijednost učenju studenata i njihovo vrijeme na kampusu. Prilagodljivi alati za savjetovanje mogu pomoći studentima aktivno vidjeti svoj osobni "putokaz fakulteta" i dopustiti im da izaberu smjerove koji će im pomoći da steknu vještine i znanja potrebno ne samo za preddiplomski studij, već i za perspektivne karijere nakon visokog obrazovanja.

Drugim riječima, osim što stvara bolje studentsko iskustvo, pametni kampus će pomoći studentima da postanu više zapošljivi. Pametan kampus donosi ovu sposobnost učenicima i omogućuje im da postignu veću priliku za uspjeh. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

4. ULOGA RFID TEHNOLOGIJE NA PAMETNOM SVEUČILIŠTU

Na koji se način prijašnje objašnjena RFID tehnologija uklapa na Pametno Sveučilište?

Uklapa se na način da studenti i osoblje sveučilišta imaju iskaznicu izdanu od strane fakulteta sa inkorporiranom RFID oznakom.

Na taj način, zajedno sa raznim čitačima postavljenima po kampusu, studenti ju mogu koristiti na jednostavan način za pristup raznim mjestima, informacijama, i ostalo. (Aqeel-ur, Abu, Zubair, 2008)

4.1 Struktura podataka na RFID Studentskoj Iskaznici za studente

Podatci pohranjeni u samoj iskaznici moraju sadržavati glavne informacije o studentu putem koje će razni čitači moći pročitati informacije koje su potrebne za izvršiti radnju.

Ti podatci pohranjeni su na bazi podataka sveučilišta te su promijenjivi od strane administratora. Osnovi podatci studenta izgledali bi kao što je prikazano na slici 9:

```
Student {  
  
    Ime: Marin Maurovic  
    JMBAG: 0069079789  
    Datum_Izdavanja: 2018/2019  
  
}
```

Slika 9 - primjer osnovnih podataka RFID kartice (Izvor: Autor)

Ovisno o ostalim funkcijama RFID kartice, podatci se dodaju po potrebi.

4.2 Korištenje RFID iskaznice za parking

Mnogo sveučilišta pružaju parkirna mjesta za osoblje i studente na koje idealno ne bi trebali imat pristup ljudi koji ne pohađaju sveučilište. Pomoću RFID studentske iskaznice, studenti i osoblje imaju pristup rampi parkinga, gdje čitač učitava njihove podatke, i ukoliko su valjani za tekuću godinu, dobivaju i broj parkirnog mjesta kako bi se smanjilo vrijeme traženja parkinga. Parkirna mjesta upravljana s RFID tehnologijom također povećavaju sigurnost samog parkinga, i smanjuju trošak osoblja koje nije više potrebno. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

Postoje 3 standardne verzije takve implementacije ovisno o kojem RFID čitaču se koristi:

- 1. Visokofrekventni čitač** – pristup parkingu dobiva se tako da se prisloni iskaznica na čitač ispred rampe
- 2. UHF čitač** – pristup parkingu omogućen je s udaljenosti od 3 metra pri pristupu do rampe
- 3. Aktivni čitač** – čitač prepoznaje iskaznicu u radiusu do 100 metara .

Kod sveučilišta, Visokofrekventni čitač bio bi prikladna i dovoljna solucija. (Sutjarittham, Gharakheili, Kanhere, Sivaraman, 2018)

4.3 Korištenje RFID iskaznice za posudbu opreme

Gotovo svaki fakultet pruža studentima mogućnost posudbe opreme ili knjige iz knjižnica. Uz pomoć RFID tehnologije moguće je dovesti sigurnost na najvišu razinu te osigurati ispravno praćenje povrata i uzimanja posuđenih stvari.

U ovom slučaju, osim korištenja RFID iskaznice, svaki uređaji ili knjiga također posjeduje pasivnu RFID oznaku koja posjeduje identifikacijski broj.

Kod posudbe, RFID čitač zabilježuje identifikacijski broj posuđenog uređaja te datum i vrijeme kad je posudba napravljena. Nakon čega se prisloni RFID iskaznica osobe koja posuđuje uređaj. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

Grafički prikazano na slici 10, jedna posudba bi na računalu bila prikazana na ovaj način:

Broj Posudbe	ID	Naziv	Datum preuzimanja	Posuditelj	JMBAG
0004158	003576198265	SAMSUNG GALAXY A8 64GB tablet,10.5",octa-core, 64gb	02.08.2022	Marin Maurovic	0069079789

Slika 10 - Primjer učitanih podataka u knjičnici (Izvor: Autor)

Broj Posudbe – glavni ključ

ID – jedinstvena šifra artikla

Naziv – naziv artikla

Datum preuzimanja – datum kad je artikl preuzet

Posuditelj – Ime i prezime posuditelja

JMBAG – JMBAG posuditelja

Na ovaj način može se ubrzati proces, i što je bitnije, smanjuje se rizik ljudske pogreške u procesu. (Mahmood, Muna, Abbas, 2015)

4.4 Korištenje RFID iskaznice za praćenje dolazaka na nastavu

Jedna od konstanti na većini sveučilišta je praćenje prisutnosti na nastavi. Ova radnja može uzimati dragocijeno vrijeme studentima i nastavnicima te znatno skratiti vrijeme samog učenja na nastavi.

Najjednostavnije rješenje je postavljanje visokofrekvencijskog RFID čitača u učionici na koji studenti prislone iskaznicu, te se zabilježi dolazak. (Al Shimmmary, Al Nayar, Kubba, 2015)

Sve što nastavnik treba učiniti da bi pratio dolaske na kraju semestra je generirati brzi izvještaj iz baze podataka za svoj kolegiji, koji bi ispisao prikupljene podatke kao što je prikazano na slici 11.

JMBAG	Ime	Dolasci	%
0069079789	Marin Maurovic	15	100%
0058356442	Miroslav Krleža	13	86,70%
0062874635	Ivana Mažuranić	9	60%
00357965896	Juraj Dobrila	8	53,30%

Slika 11 - primjer prikupljenih podataka dolaska studenta (Izvor: Autor)

5. Primjeri Pametnih Sveučilišta u svijetu

Danas već postoje izgrađena Pametna Sveučilišta u funkciji, koje možemo uzete kao primjere takvoga načina rada. Primjeri koji slijede opisani su u poznatom e-časopisu posvećenom RFID tehnologiji po imenu RFID Journal.

5.1 Sveučilište u Sjevernoj Arizoni (NAU)

Tehnologija radiofrekvencijske identifikacije nije nova za NAU. RFID oznake ugrađene su u studentske iskaznice posljednje četiri godine, tako da većina od 18.000 studenata preddiplomskih studija već posjeduje kartice. RFID kartice se koriste za niz zadataka, kao što je otključavanje vrata domova i atletske zgrade. Aplikacija za pohađanje nastave bila bi još jedna upotreba kartice, i dodatno bi iskoristila ulaganja koja je škola već izvršila u sustav kartica. Studenti također mogu koristiti magnetsku traku na kartici za kupnju hrane u sveučilišnoj menzi, naplaćujući kupnju sa svojih studentskih računa.

Thomas Charles Eberly, direktor odjela za blagovanje i upravljanje karticama NAU-a, kaže da škola još uvijek planira krenuti s prijedlogom, a to je instaliranje čitača kartica na vratima brojnih učionica u svom novom Centru za zdravlje i učenje, kapaciteta 200.000 ljudi. Škola planira opremiti se s ispitivačima i sustavima pohađanja nastave, odnosno softverima koji će prikupljati identifikacijske brojeve dok učenici drže svoje kartice do čitatelja po ulasku u učionicu, povezuje broj nastave s imenom učenika i zatim prosljedite te informacije učitelju za njegovu ili njezinu evidenciju pohađanja nastave. (RFID Journal, 2010)

5.2 Sveučilište u Kataru

Sveučilište u Kataru već koristi pasivne EPC Gen 2 ultravisoke frekvencije (UHF) oznake i čitače za praćenje 30.000 imovina u većini od 40 zgrada koje čine njegov kampus u Dohi. Sveučilište planira proširiti svoju upotrebu tehnologije za praćenje pojedinaca i isporuka pošte.

Implementacija RFID-a uključuje instalaciju čitača Impinj xPortal na stubištima i vratima, što je prikazano na slici 12.

Rješenje ne samo da osigurava da sveučilište održava točnu evidenciju o tome koja se imovina nalazi u kojim područjima, već također smanjuje količinu vremena potrebnog za provođenje postupke revizije, s nekoliko mjeseci na otprilike jedan tjedan. Odjel za poslovne operacije koledža također će koristiti rješenje za upravljanje rasporedima održavanja opreme.



Slika 12 - Impinj xPortal čitač (Izvor: <https://www.rfidjournal.com/qatar-university-to-expand-its-rfid-system-to-track-staff-mail>)

Sada se škola nada da će upotrijebiti tehnologiju kako bi osigurala brzu dostavu odgovarajuće pošte i kako bi osigurala podatke o lokaciji osoblja koje prolazi kroz portale iz sigurnosnih razloga. Na taj će način sveučilište moći pratiti koja osoba unosi koju imovinu u pojedinu zgradu ili iz nje, kao i upozoriti osobu prije nego što nenamjerno uđe u odvojeni prostor u kojem se nalaze pripadnici suprotnog spola. (RFID Journal, 2013)

5.3 Kingston Sveučilište u Londonu

Londonsko sveučilište Kingston koristi TrackerPointovo rješenje TrackCAB za automatizaciju procesa povrata nakon radnog vremena, kao i za popis inventara 2000 komada medijske opreme, kao što su kamere, prijenosna računala i računala, koju posuđuje studentima i profesorima. Rješenje omogućuje zajmoprimcima da vrate robu izvan radnog vremena, stavljanjem artikala u ormariće s omogućenom RFID tehnologijom, a također smanjuje količinu vremena potrebnog osoblju za popis artikala pohranjenih u skladištu opreme.

Sveučilište Kingston posuđuje medijsku opremu studentima i članovima fakulteta prema potrebi

za nastavu. Iako se posudba ovih predmeta ne naplaćuje, postoji novčana kazna za kasno vraćanje. Tijekom dana područjem upravljaju radnici koji studentima provjeravaju opremu i bilježe svaku transakciju, uključujući serijski broj artikla i identitet studenta koji ga prima i kasnije vraća. Tijekom večernjih sati i vikendom, posudionica je zatvorena.

Student iz Kingstona otključava TrackPoint ormarić (prikazan na slici 13) dodirrom svoje osobne iskaznice na HF čitač ugrađen u vrata ormarića i stavlja posuđeni dio opreme unutra. Sustav zatim očitava UHF oznaku artikla, provjeravajući tako vraćeni artikl. Sveučilište je tražilo rješenje koje bi studentima omogućilo vraćanje opreme izvan radnog vremena. Bez sustava neki su studenti bili skloni jednostavno staviti opremu izvan prostora za posudbu kako bi je osoblje moglo preuzeti sljedeći radni dan, ostavljajući uređaje osjetljivima na krađu.



Slika 13 - TrackPoint ormarić (Izvor: <https://www.rfidjournal.com/kingston-university-gets-payback-by-using-rfid-to-track-loaned-equipment>)

Osim toga, sveučilište se nadalo pronaći učinkovitiju metodu lociranja opreme koja se čuva u skladištu ustanove. Budući da je većina robe pohranjena u sanduku, svaki bi se sanduk obično trebao otvoriti tijekom revizije inventara kako bi se utvrdilo što je unutra sadržano. (RFID Journal, 2013)

5.4 Sveučilište u Istočnoj Angliji (UEA)

Knjižnica Sveučilišta East Anglia (UEA) u Norfolku, Engleska, usvojila je RFID sustav za rukovanje knjigama koji joj omogućuje automatizaciju većine svojih usluga cirkulacije. Ovo oslobađa knjižnično osoblje koje može pružiti dodatnu istraživačku pomoć studentima i drugim korisnicima.

Sustav koristi pasivne 13,56 MHz RFID naljepnice prikačene na knjige i druge medije u zbirci knjižnice od 700.000 komada. Instaliran je automatizirani blagajnički šalter koji svi korisnici mogu koristiti za posuđivanje knjiga. Brojači, prikazani na slici 14, su ugrađeni s RFID ispitivačima. Kako bi provjerili knjige, posjetitelji mogu skenirati svoju staru knjižničku iskaznicu s bar-kodom na ugrađenom skeneru na šalteru ili prinijeti novoizdanu karticu s ugrađenom oznakom od 13,56 MHz do RFID čitača. Nakon što zaslon prikaže informacije o računu posuđivača, knjige ili drugi mediji prikazuju se RFID ispitivaču na provjeri.



Slika 14 - uređaj za automatsku posudbu knjiga na Sveučilištu Istočne Anglije (Izvor: <https://www.rfidjournal.com/university-of-east-anglias-library-automates-circulation-tasks>)

Međutim, ono što knjižnicu East Anglia izdvaja od ostalih knjižnica s RFID-om u Ujedinjenom Kraljevstvu je njezin potpuno automatizirani sustav za prihvaćanje i razvrstavanje vraćene građe. Instalirani su samoposlužni šalteri za blagajnu više od tri godine ali ovo je prvi sortirnik s RFID-om koji je instaliran bilo gdje.

Studenti mogu vratiti predmete ili unutar knjižnice tijekom njezinog radnog vremena ili u

skladištu za knjige postavljenom na vanjskoj strani zgrade. Da bi vratili predmete unutar knjižnice, korisnici ih mogu stavljati, jednog po jednog, na jedan kraj pokretne trake. Detektor pokreta aktivira Feig ispitivač montiran uz remen, koji očitava ID broj kodiran na oznaci knjige. Pokretna traka se zatim pokreće, gurajući predmet niz žlijeb, koji ga dovodi do stanice za sortiranje.

Ondje softver usmjerava pokretni sustav da preusmjeri knjigu u jedna od osam kolica, po jedna za svaki od sedam katova knjižnice, a drugi za iznimke. Knjiga koja pripada prvom katu knjižnice, na primjer, bila bi poslana u kolica određena za taj kat, dok bi knjiga s velikom potražnjom s liste čekanja išla u kolica za iznimke, iz kojih bi je osoblje preuzelo i kontaktiralo sljedećeg osoba koja čeka. Senzori na svim kolicima pokreću upozorenje u softveru, koji je povezan s pozadinskim softverom knjižnice. Ovaj softver zatim može poslati poruku e-poštom osoblju, upozoravajući ih da puna kolica zamijene praznima i ponovno stave knjige u puna kolica.

Kada vraćate knjige u vanjsku kutiju, studenti mogu pročitati upute korak po korak s monitora računala postavljenog pokraj kutije na vanjskoj strani zgrade. Žlijeb je zaključan, sprječavajući neovlaštene strane da ispuste smeće ili druge neprikladne predmete u kutiju. Kako bi pristupili padobonu, posjetitelji prvo moraju predočiti karticu knjižnice, bilo skeneru bar-koda ili RFID čitaču postavljenom uz kutiju za ispuštanje. Softver prikuplja ID i uspoređuje ga s trenutnom bazom podataka važećih kartica.

Ako pronađe podudaranje, sustav šalje naredbu za otključavanje vrata pretinca kako bi student mogao ubaciti predmete koji se vraćaju. Monitor daje upute pokroviteljima da ubace artikle jedan po jedan, a zatim potvrđuje kada je svaki artikal uspješno vraćen. Unutar žlijeba, detektor pokreta, RFID čitač i softver rade na isti način kao u unutarnjoj stanici za vraćanje knjiga, šaljući svaki predmet niz žlijeb u odgovarajuća kolica. Ovaj mehanizam prikazan je na slici 15. (RFID Journal, 2007)



Slika 15 – Uređaj za sortiranje knjiga pri povratu na Sveučilištu u Istočnoj Angliji (Izvor: <https://www.rfidjournal.com/university-of-east-anglias-library-automates-circulation-tasks>)

5.5 Hebrejsko Sveučilište u Jeruzalemu

Istraživači u laboratoriju za nanotehnologiju Hebrejskog sveučilišta u Jeruzalemu često rade s opasnim plinovima i kemikalijama i često nemaju puno ljudi uz njih dok provode pokuse. Međutim, ako se dogodi hitan slučaj, škola ima automatizirani sustav koji ne samo da omogućuje pojedincu da pritisne tipku za paniku i upozori osoblje za hitne slučajeve, već također određuje gdje se ta osoba nalazi i prikazuje njegovu ili njezinu sliku. Sustav koristi kombinaciju aktivne 433 MHz RFID tehnologije i video kamera, kao što je prikazano niže na slici 16.

Hebrejsko sveučilište koristi rješenje prvenstveno za pružanje sigurnosti, ali i za potrebe naplate, praćenjem tko se nalazi u kojem području unutar laboratorija, kao i koliko dugo. Osiguravanjem RFID značke svakom istraživaču, studentu ili članu fakulteta koji uđe u laboratorij, te instaliranjem čitača i antena po objektu, sveučilište može pratiti kretanje svake osobe putem softvera dizajniranog za prosljeđivanje upozorenja u hitnim slučajevima. Softver također omogućuje školi pregled podataka o vremenu i mjestu za svakog pojedinca u laboratoriju u bilo kojem trenutku, u svrhu naplate. (RFID Journal, 2014)



Slika 16 - Sučelje programa za praćenje na Hebrejskom Sveučilištu (Izvor: <https://www.rfidjournal.com/hebrew-universitys-nanotech-lab-tracks-researcher-locations-emergencies>)

5.6 Sveučilište u Oregonu (OSU)

Kada se specijaliziranom namještaju za učenike s invaliditetom dodijeli mjesto u učionici na Državnom sveučilištu Oregon, sustav lociranja u stvarnom vremenu (RTLS) omogućuje školskom odjelu za usluge pristupa osobama s invaliditetom (DAS) da automatski zna gdje se ti predmeti nalaze i kada su premješteni. Odjel DAS koristi RTLS rješenje za praćenje 480 komada namještaja u 130 učionica i 40 zgrada unutar školskog kampusa od 1800 hektara u Corvallis, Oregon. Sada, drugi odjeli na sveučilištu također razmišljaju o korištenju tehnologije kako bi pratili specijalizirane glavne ključeve za sobe u studentskim domovima i pratili promjene temperature u kafićima.

DAS osigurava namještaj kao što su specijalizirani SurfaceWorks stolovi i stolice s lumbalnom potporom za sve studente kojima su potrebni, kao i stolice za pojedince koji služe kao prevoditelji i prepisivači za studente oštećena sluha. Tijekom proteklih nekoliko godina, sveučilište je primijetilo porast broja studenata s invaliditetom, budući da veterani iz ratova u Iraku i Afganistanu upisuju nastavu u školu. Odjel DAS tim studentima osigurava potreban namještaj u

učionicama koje odgovaraju rasporedu nastave. Međutim, praćenje namještaja i osiguravanje da je svaki komad tamo gdje bi trebao biti za određenog učenika i razred bio je težak zadatak. Sveučilište nije željelo pričvrstiti namještaj za pod, ali s druge strane, budući da je namještaj bio mobilan, njegovo lociranje često je bio dugotrajan zadatak, čak i ako je samo premješten u drugu učionicu unutar iste zgrade. Posljedično, neki studenti nisu dobili predmete koji su im bili potrebni za vrijeme nastave.

Rješenje se sastoji od softvera AeroScout MobileView koji radi na pozadinskom sustavu škole, kao i AeroScout Wi-Fi T2 oznake pričvršćene na svaki komad namještaja. Grafička karta svake zgrade na softveru MobileView može prikazati lokaciju svake stavke s različitim stupnjem granularnosti, na temelju količine Wi-Fi pristupnih točaka unutar te zgrade. U nekim slučajevima, predmet se može nalaziti unutar učionice, dok u drugim, DAS odjel može vidjeti gdje se imovina nalazi, specifično za kat ili određeni dio kata u toj zgradi.

Osooblje DAS-a pričvrstilo je oznake T2 na svaki od 480 predmeta. U to su vrijeme radnici raspravljali hoće li oznake sakriti ili ih učiniti vidljivima tako da ih postave na mjesto gdje ih korisnici mogu lako vidjeti. U konačnici, odlučili su učiniti oznake vidljivima, a ta vidljivost također djeluje kao sredstvo odvratanja za one koji bi željeli premjestiti neki predmet.

Nakon što je roba označena, dodijeljena lokacija svake stavke, kao što je broj učionice (na temelju rasporeda tečaja učenika s invaliditetom), unesena je u softver MobileView i povezana s jedinstvenim ID brojem oznake.

Nakon što je komad označenog namještaja isporučen u njegovu dodijeljenu učionicu, njegova se oznaka počela slati pristupnim točkama i ažurirati status lokacije te imovine u softveru. Svakog ponedjeljka odjel DAS-a sada pregledava izvješće u softveru u kojem se navodi gdje bi se koja stavka trebala nalaziti, kao i postoje li odstupanja.

Ako studenti dođu na nastavu i otkriju da im nedostaje namještaj, mogu nazvati DAS odjel. Zaposlenik DAS-a tada se može prijaviti na softver MobileView, identificirati lokacije predmeta i poslati osobu da pokupi te komade namještaja i premjesti ih tamo gdje su potrebni. Međutim, od instalacije sustava temeljenog na Wi-Fi-u to se ne događa često.

U slučaju da se stavka ukloni iz zgrade, sustav više neće primati prijenos s te oznake, a softver će

poslati e-poruku koja ukazuje na problem. Iako vani nema Wi-Fi mreže, kako se imovina kreće kampusom, može proći pokraj zgrada s Wi-Fi pristupnim točkama, koje će zatim omogućiti ažuriranje lokacije, omogućujući da znaju u kojem se smjeru ta imovina nalazi i kreće se. Da je škola zahtijevala višu razinu sigurnosti, dodaje ona, mogla je zatražiti da AeroScout instalira uzbunjivače na vrata koji bi omogućili primanje upozorenja u trenutku kada je predmet stigao vrata. Međutim, OSU nije imao proračun za tu razinu sigurnosti, ili potrebe, budući da se malo stvari zapravo ukrade iz kampusa. (RFID Journal, 2013)

5.7 Sveučilište u Minhu

SASUM, jedinica za socijalne usluge portugalskog sveučilišta Minho, prati svoj inventar namještaja, elektronike i sportske opreme za 15.000 studenata koledža, koristeći radiofrekvencijski identifikacijski sustav. SASUM je odgovoran za upravljanje sveučilišnim domovima i drugim rezidencijama kampusa, kao i za posluživanje hrane, sportske objekte i zgradu studentskog zbora. U ovoj ulozi SASUM je zadužen za namještaj, poput stolova, kreveta, prijenosnih računala i uređaja koje koriste učenici u školi.

SASUM je tradicionalno slao svoje osoblje da vrše ručnu inventarizaciju na periodičnoj osnovi namještaja i opreme unutar svojih studentskih soba, restorana i salona. Ovaj bi zadatak mogao potrajati danima za veliku flotu zaposlenika koji moraju bilježiti brojeve soba, zajedno sa serijskim brojevima ili opisima stavki unutar tih soba. Ako se čini da nešto nedostaje ili je oštećeno, taj se detalj također mora ručno zabilježiti.

IT odjel sveučilišta zatražio je od SASUM-a da optimizira ovaj proces, u nastojanju da smanji rizik od pogrešaka, smanji troškove rada povezane s provjerama inventara i olakša lociranje nestalih stavki. Tijekom prošlog ljeta, sveučilište je označilo 20.000 sredstava ljepljivim papirnatim naljepnicama koje sadrže kratke pasivne oznake Alien Technology Short EPC Gen 2, dimenzija 3 inča x 1 inča.

Prilikom prebrojavanja zaliha, članovi osoblja mogu koristiti dva ATID AT870 ručna ultravisokofrekventna (UHF) RFID čitača učitana podacima o inventaru za svaku sobu iz softvera, koji te informacije prikuplja iz ERP sustava. Ti se podaci preuzimaju na ručni uređaj pomoću postolja povezanog kabelom s računalom na kojem je pokrenut softver. Ovaj se postupak također može izvršiti putem Wi-Fi veze. Međutim, Wi-Fi veza mogla bi biti ograničena u nekim područjima, kao što su garderobe ili skladišta.

Korisnik koristi padajući izbornik softvera kako bi odabrao područje u kojem on ili ona provodi prebrojavanje inventara, a zatim maše čitačem oko tog područja, pokazujući kada završi. Sustav može prikazati podatke o artiklima povezanim s ID brojevima tagova koji su očitani, kao i o robi za koju se smatra da nedostaje. U slučaju da se čini da je proizvod oštećen ili ga je potrebno servisirati, ti se podaci također mogu unijeti u dlanovnik, kako bi ih pregledala uprava SASUM-a.

Članovi osoblja također mogu koristiti čitač za traženje nestalih predmeta. Dok radnici nastavljaju s pretragom inventara svake sobe, sustav ih može upozoriti kada se pronađe izgubljeni predmet ili postaviti čitač u način rada brojača, što će uzrokovati da se oglasi upozorenje ako se pronađe određeno sredstvo koje se traži.

Od instalacije sustava, SASUM je proveo testove tehnologije korištenjem ručniračunala za čitanje označenih stavki na različitim lokacijama u kampusu. (RFID Journal, 2013)

6. Komparativna Tablica RFID tehnologije korištene na Sveučilištima

Kako bismo sveučilištima pomogli u donošenju informiranih odluka pri odabiru RFID rješenja, pripremili smo usporednu tablicu nekih od najpopularnijih RFID sustava koji se koriste na sveučilištima. Ova tablica pruža usporednu usporedbu ključnih značajki i mogućnosti svakog sustava, uključujući cijenu, domet, točnost i kompatibilnost s postojećom sveučilišnom infrastrukturom. Proučavajući ovu tablicu, sveučilišta mogu usporediti različite opcije i odabrati RFID sustav koji najbolje odgovara njihovim potrebama i proračunu.

RFID Sistem	Cijena	Domet	Preciznost	Kompatibilnost
HID Global	\$\$	Do 10 metra	Visoka	Kompatibilan s većinom sveučilišne infrastrukture
Impinj	\$\$\$	Do 30 metra	Jako Visoka	Može zahtijevati dodatna ulaganja u infrastrukturu
Zebra Technologies	\$\$\$	Do 15 metra	Visoka	Kompatibilan s većinom sveučilišne infrastrukture
Nedap	\$\$\$\$	Do 90 metra	Visoka	Može zahtijevati dodatna ulaganja u infrastrukturu
Checkpoint Systems	\$\$	Do 6 metra	Srednja	Kompatibilan s većinom sveučilišne infrastrukture

Tablica 1 - Komparativna tablica RFID sistema (Izvor: Autor)

Cijena je rangirana od najniže (\$-\$\$\$) do najviše (\$\$\$\$). Raspon je približna vrijednost i može varirati ovisno o čimbenicima okoline. Točnost je rangirana od niske do vrlo visoke.

Kompatibilnost se odnosi na to koliko se sustav može integrirati s postojećom sveučilišnom infrastrukturom.

Zaključno, korištenje RFID tehnologije na sveučilištima donijelo je brojne prednosti, uključujući povećanu učinkovitost i bolje upravljanje resursima. Međutim, odabir pravog RFID sustava za sveučilište može biti zastrašujući zadatak s obzirom na brojne opcije dostupne na tržištu. Naša

usporedna tablica pruža sveučilištima brz i jednostavan način za usporedbu i kontrast ključnih značajki i mogućnosti nekih od najpopularnijih RFID sustava koji se koriste na sveučilištima. Korištenjem ove tablice sveučilišta mogu donijeti informiranu odluku koja odgovara njihovim specifičnim potrebama i proračunu. U konačnici, pravi RFID sustav može pomoći sveučilištima da optimiziraju svoje poslovanje i pruže bolje iskustvo studentima i profesorima.

7. Zaključak

Ukratko, doživljavamo digitalnu kulturu koja će nam omogućiti transformaciju tržišta. Danas u našim domovima, automobilima, trgovinama, i bankama doživljavamo napredne tehnologije koje nam pružaju pametna okruženja.

Visoke obrazovne institucije su preplavljene raznim infrastrukturna i platformama koje su zaobišle ovaj napredak. Sustavi koji se koriste nisu povezani. Bluetooth tehnologije, Wi-Fi, senzori, pametne učionice i veliki ERP/SIS platforme igraju „skrivenu“ ulogu kod studenata, fakulteta, osobljem i drugima koji stignu na kampus.

Zamislite kada bi ove tehnologije komunicirale na način da neprimjetno pokreće pozitivne rezultate kroz intuitivne i inteligentne interakcije. Kako bi kampusi rješavali potrebe svojih studenata, mogu se koristiti raznim suvremenim alatima poput RFID tehnologije.

RFID tehnologija sve je prisutnija zbog svoje lakosti uporade, i njenog svojstva brzog prenošenja podataka i informacije, koju je moguće koristiti bez ljudskog nadziranja. Takva svojstva ključna su za razvoj bila koje infrastrukture, pa tako i sveučilišta.

Literatura

1. Rehman Aqeel-ur, Abbasi Abu, Shaikh Zubair – „Building a Smart University Using RFID Technology“, 2008
2. R. Weinstein, "RFID: a technical overview and its application to the enterprise in IT“ Professional, vol. 7, no. 3, May-June 2005, doi: 10.1109/MITP.2005.69.
3. T. Sutjarittham, H. H. Gharakheili, S. S. Kanhere and V. Sivaraman, "Realizing a Smart University Campus: Vision, Architecture, and Implementation," 2018 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS), 2018, doi: 10.1109/ANTS.2018.8710084.
4. Xiaowei Zhu, Samar K. Mukhopadhyay, Hisashi Kurata, „A review of RFID technology and its managerial applications in different industries, Journal of Engineering and Technology Management“, Volume 29, Issue 1, 2012, ISSN 0923-4748,
5. <https://www.rfidjournal.com/>
6. Mahmood K. Al Shimmary, Muna M. Al Nayar, Abbas R. Kubba „Designing Smart University using RFID and WSN“, Volume 112 - Number 15 Year of Publication: 2015
7. R. Want, "An introduction to RFID technology," in IEEE Pervasive Computing, vol. 5, no. 1
8. Mandeep Kaur, Manjeet Sandhu, Neeraj Mohan and Parvinder S. Sandhu „International Journal of Computer and Electrical Engineering“, Vol.3, No.1, February, 2011
9. N. Raza, V. Bradshaw and M. Hague, "An introduction to RFID technology," IEE Colloquium on RFID Technology (Ref. No. 1999/123)
10. Curtin, J., Kauffman, R.J. & Riggins, F.J. „Making the ‘MOST’ out of RFID technology: a research agenda for the study of the adoption, usage and impact of RFID.“ Inf Technol Manage 8, 87–110 (2007)

Popis Slika

Slika 1 - Pasivna RFID Oznaka (Izvor: https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/active-rfid-vs-passive-rfid).....	4
Slika 2 - Aktivna RFID oznaka (Izvor: https://www.rfidinc.com/uhf-433-mhz-active-rfid-tags) ...	4
Slika 3 - Polu-pasivna RFID oznaka (Izvor: https://telecom.altanai.com/tag/semi-passive-rfid-tags/)	5
Slika 4 - RFID oznake osjetljiva na temperaturu (Izvor: https://www.dorfidtag.com/RFID-tag-temperature-sensor-NFC-temperature-data-logger_2478.html).....	5
Slika 5 - Niskofrekventni RFID čitač (Izvor: https://gaorfid.com/devices/rfid-readers-frequency/)	6
Slika 6 - Visokofrekventni RFID čitač (Izvor: https://gaorfid.com/devices/rfid-readers-frequency/high-frequency-13-56-mhz-rfid-readers/)	7
Slika 7 - Ultravisokofrekventni RFID čitač (Izvor: https://researchdesignlab.com/uhf-rfid-reader-894.html).....	7
Slika 8 - SAP AII korisničko sučelje (Izvor: https://wca.org/wp-content/uploads/2015/11/Khaitan_RFID_13Feb07.pdf)	9
Slika 9 - primjer osnovnih podataka RFID kartice (Izvor: Autor)	19
Slika 10 - Primjer učitanih podataka u knjičnici (Izvor: Autor).....	21
Slika 11 - primjer prikupljenih podataka dolaska studenta (Izvor: Autor).....	21
Slika 12 - Impinj xPortal čitač (Izvor: https://www.rfidjournal.com/qatar-university-to-expand-its-rfid-system-to-track-staff-mail)	23
Slika 13 - TrackPoint ormarić (Izvor: https://www.rfidjournal.com/kingston-university-gets-payback-by-using-rfid-to-track-loaned-equipment)	24
Slika 14 - uređaj za automatsku posudbu knjiga na Sveučilištu Istočne Anglije (Izvor: https://www.rfidjournal.com/university-of-east-anglias-library-automates-circulation-tasks).....	25
Slika 15 – Uređaj za sortiranje knjiga pri povratu na Sveučilištu u Istočnoj Angliji (Izvor: https://www.rfidjournal.com/university-of-east-anglias-library-automates-circulation-tasks).....	27
Slika 16 - Sučelje programa za praćenje na Hebrejskom Sveučilištu (Izvor: https://www.rfidjournal.com/hebrew-universitys-nanotech-lab-tracks-researcher-locations-emergencies).....	28

Popis Tablica

Tablica 1 - Komparativna tablica RFID sistema (Izvor: Autor).....	32
---	----

Sažetak

RFID tehnologija sve je popularnija u raznim industrijama, od zdravstvene, do tehničke. Na koji način ista tehnologija može unaprijediti rad i pohađanje sveučilišta?

Cilj ovog rada je upoznavanje s dva glavna pojma: RFID tehnologija i Pametno Sveučilište, te na koji način oni mogu međusobno surađivati. Korištenje RFID tehnologije na sveučilištu može poboljšati kvalitetu provedenog vremena na kampusu, te samim time uštedjeti studentima nešto vremena, i smanjiti stres koji je sve veći problem u ovakvim okruženjima.

Ključne riječi: RFID tehnologija, Pametna Sveučilišta, IoT

Abstract

RFID technology is getting more and more popular in all industries, from healthcare to engineering. In what way can the same technology be leveraged in order to advance working and attending a university?

The aim of this paper is to familiarize yourself with the main terms: RFID technology and Smart University, and to realize in which way can the two of them work together. The use of RFID technology on universities can increase the quality of time spent on campus, sparing them some extra time, and reducing their stress, which is a major problem in these environments nowadays.

Key words: RFID technology, Smart University, IoT