

# Primjena koncepta interneta stvari u lukama

---

Slović, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:006476>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Slović

**PRIMJENA KONCEPTA INTERNETA  
STVARI U LUKAMA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Zagreb, 5. rujna 2021.

Zavod: **Zavod za vodni promet**  
Predmet: **Inteligentni transportni sustavi u vodnom prometu**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 6431


Pristupnik: **Ivan Slović (0135242933)**  
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**  
Smjer: **Inteligentni transportni sustavi**

Zadatak: **Primjena koncepta interneta stvari u lukama**

### Opis zadatka:

Opisati koncept Interneta stvari. Analizirati i opisati mogućnosti primjene koncepta Interneta stvari u lukama, te moguća unapređenja kvalitete lučkog sustava i učinkovitijeg poslovanja.

Mentor:



---

prof. dr. sc. Natalija Kavran

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PRIMJENA KONCEPTA INTERNETA  
STVARI U LUKAMA**

**INTERNET OF THINGS IN PORTS**

Mentor: prof.dr.sc. Natalija Kavran

Student: Ivan Slović

JMBAG: 0135242933

Zagreb, srpanj 2021.

## SAŽETAK

Razvoj prometnog sustava i njegova učinkovitost ovise o primjeni novih tehnologija. Luke su važan čimbenik u transportnom lancu. Ciljevi procesa unapređenja tehnoloških procesa u lukama i operativnosti luka učinkovitog prometnog procesa je razmjena informacija između svih sudionika u lukama. Razvoj i implementacija informacijskih tehnologija doprinosi smanjivanju broja pogrešaka, smanjivanju troškova, skraćivanju vremena prijenosa informacija i prijevoza, smanjenju zaliha i samim time boljoj iskoristivosti od strane korisnika. Lučki sustavi slijede razne trendove na tržištu prijevoza; od povećanja kapaciteta prijevoznih sredstava i povećanje količina tereta, inovacija u dizajnu i izgradnji plovila, inovacija u području korištenja ekološki prihvatljivijih energenata do uvođenja koncepta Interneta stvari. Primjena koncepta Interneta stvari doprinosi unapređenju kvalitete lučkog sustava i učinkovitijem poslovanju. Moderne luke koje primjenjuju koncept Interneta stvari i nove tehnologije nazivaju se pametne luke. U radu će se analizirati mogućnost primjene koncepta Interneta stvari u lukama.

**KLJUČNE RIJEČI:** luke; Internet stvari; pametne luke; pametne tehnologije

## SUMMARY

The development of the transport system and its efficiency depend on the application of new technologies. Ports are an important factor in the transport chain. The goals of the process of improving technological processes in ports and the operation of ports in an efficient transport process is the exchange of information between all participants in ports. The development and implementation of information technology contributes to reducing the number of errors, reducing costs, shortening the time of information transfer and transport, reducing inventory and thus better utilization by users. Port systems follow various trends in the transportation market; from increasing the capacity of means of transport and increasing the amount of cargo, innovation in the design and construction of vessels, innovation in the use of more environmentally friendly energy sources to the introduction of the concept of the Internet of Things. The application of the concept of the Internet of Things contributes to improving the quality of the port system and more efficient operations. Modern ports that apply the concept of the Internet of Things and new technologies are called smart ports. The paper will analyze the possibility of applying the concept of the Internet of Things in ports.

**KEY TERMS:** ports; Internet of Things; smart ports; smart technologies

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. LUKE.....	2
2.1. Podjela luka .....	3
2.2. Elementi lučkog sustava .....	5
2.2.1. Tehnički elementi lučkog sustava .....	5
2.2.2. Tehnološki elementi lučkog sustava.....	6
2.2.3. Ostali elementi lučkog sustava .....	7
2.3. Funkcije luka .....	7
2.3.1. Prometna funkcija luke.....	7
2.3.2. Trgovačka funkcija luke .....	8
2.3.3. Industrijska funkcija luke .....	8
3. KONCEPT INTERNET OF THINGS .....	10
3.1. Osnovne IoT tehnologije .....	12
3.1.1. RFID.....	12
3.1.2. WSN .....	12
3.1.3. Middleware.....	13
3.1.4. Računalni oblak.....	13
3.1.5. IoT softver za aplikacije .....	13
3.2. Arhitektura IoT sustava .....	14
3.3. Sigurnost i privatnost.....	16
4. PAMETNE LUKE.....	20
4.1. Razvoj pametne luke .....	23
4.2. Pametne tehnologije u pametnim lukama.....	24
4.3. Implementacija rješenja pametnih luka .....	28
4.3.1. Povezivanje strategije pametne luke sa strategijom razvoja luke .....	28
4.3.2. Identifikacija slabih točaka.....	29
4.3.3. Kreiranje ili stvaranje skupa mogućih rješenja .....	29
4.3.4. Odlučivanje o kupnji gotovih tehnologija ili prilagođenim rješenjima.....	30
4.3.5. Korištenje agilnog pristupa za upravljanje rizikom .....	30
5. PRIMJENA IoT KONCEPTA U LUČKOM SUSTAVU .....	32
5.1. Opći predložak IoT-a u pametnim lukama .....	32
5.2. IoT tehnologije za razvoj pametnih luka .....	34

5.2.1. Inteligentno pristanište .....	35
5.2.2. Inteligentno dvorište.....	36
5.2.3. Inteligentna logistika .....	37
5.3. Sigurnosni izazovi .....	38
5.4. Luka Hamburg .....	40
6. PRIMJENJIVOST IoT-a U MORSKIM LUKAMA HRVATSKE .....	41
6.1. Pametne tehnologije u hrvatskim lukama.....	42
6.2. SWOT analiza pametnih tehnologija u hrvatskim lukama .....	44
7. ZAKLJUČAK.....	46
POPIS LITERATURE .....	48
POPIS SLIKA .....	50
POPIS TABLICA.....	51
POPIS KRATICA .....	52



# 1. UVOD

Luke predstavljaju ključan dio prometne infrastrukture, čija se važnost ogleda u interkonekciji sa ostalim vrstama transporta (poglavito željezničkim i cestovnim), kao i u omogućavanju kontinuirane trgovine između zemalja. Digitalna transformacija luka traje već neko vrijeme, te se stupnjevito počinju intenzivnije koristiti informacijske tehnologije, elektroničke komunikacije, IoT uređaji i tehnologije.

Luke, općenito opisane u istoimenom poglavlju, prikazane su kroz nekoliko definicija jer se s napredkom luke mijenjala i sama definicija luke. One se mogu podijeliti prema više kriterija i sastavljene su od osnovnih elemenata u vertikalnom smislu kao što su tehnički elementi koji se sastoje od infrastrukture, suprastrukture i prekrcajne mehanizacije, tehnoloških elemenata, koje čine tehnološki procesi u lukama te ostalih elemenata (ekoloških, ekonomskih i pravnih). Funkcije luke će biti predstavljene u zasebnim podpoglavljima.

Slijedeće poglavlje će obraditi osnovno o konceptu Interneta stvari (Internet of Things - IoT). Sa sve većom prisutnošću Interneta razvila se potreba za umrežavanjem različitih uređaja koji bi nam olakšali svakodnevni život. Također se iz dana u dan sa sve većom brzinom razvija koncept. U poglavlju će biti opisane osnovne IoT tehnologije, obrađena će biti arhitektura koja je važna za razvoj sustava i naravno svemu što je u današnje vrijeme izloženo internetu prijeti opasnost, pa će se dotaknuti i sigurnost i privatnost Interneta stvari.

U četvrtom poglavlju opisan je osnovni koncept pametne luke. Danas su prisutni trendovi primjene inteligentnih koncepata u lukama koji se najviše odnose na nove pametne tehnologije. U poglavlju je ovaj aspekt detaljno opisan kao i načini implementacije tih rješenja kao npr. kako prepoznati slabe točke luke koje bi pametne tehnologije mogle popraviti, kako povezati strategije luke, itd.

Za luku koja sadrži koncept Interneta stvari podrazumijeva se da je ujedno i pametna luka te koristi pametne tehnologije koje će biti opisane. Također, biti će prikazan opći predložak Internet od Things sustava u lukama i na koji način funkcionira jedna od najrazvijenijih luka što se tiče razvoja IoT sustava, luka Hamburg. Kako su luke izložene, što se više nalaze na „mreži“, biti će prikazani sigurnosni izazovi, prijetnje i posljedice.

Luke u Hrvatskoj nisu na razini na kojoj bi trebale biti i potrebna im je implementacija pametnih tehnologija kako bi pratile razvoj svjetskih luka. U takvom su stanju zbog toga što je većina lučkih objekata tehnički zastarjela i imaju nisku produktivnost. Stoga je potrebno povećati ulaganja u nove, moderne objekte i tehnologije jer su od velikog gospodarskog i međunarodnog interesa za Republiku Hrvatsku. Na kraju je razvijena SWOT analiza pametnih tehnologija u hrvatskim lukama.

## 2. LUKE

Luke su zaštićeni morski, riječni, kanalski ili jezerski bazeni, s izgrađenim ili neizgrađenim obalama, lukobranima, postrojenjima, uređajima i ostalim objektima namijenjenima za pristajanje, sidrenje, popravak i zaštitu brodova od izravnog utjecaja valova, struja i leda, za ukrcavanje odnosno iskrcavanje tereta i putnika, skladištenje tereta i manipuliranje njime te za odmor posade [1].

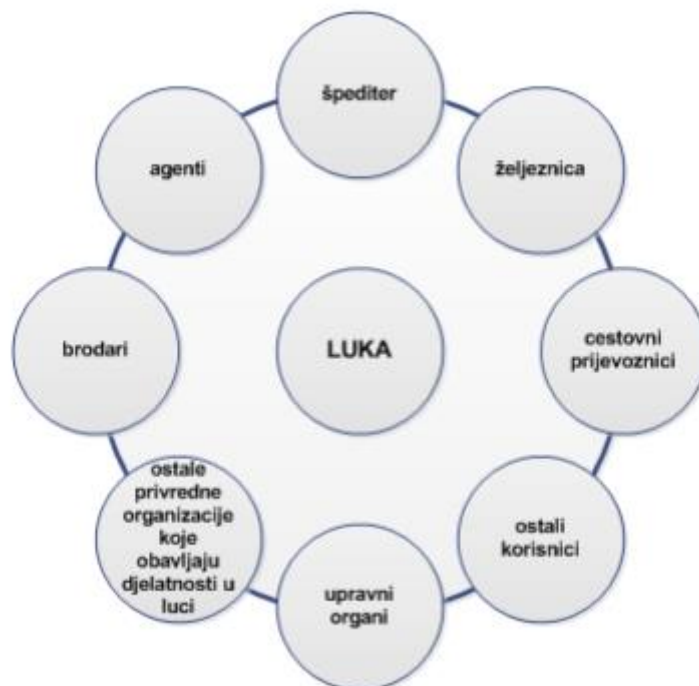
Postoji nekoliko definicija luke, no ni jedna od tih definicija ne može obuhvatiti sve funkcije luke jer se razvojem prometno-tehnološkog procesa, industrijske i trgovačke funkcije luke mijenjale i sama definicija luke.

Pomorske luke i lučki sustavi su, uz brodarstvo i brodogradnju, temeljna karika pomorskog gospodarstva te predstavljaju primarno polazište njegova razvoja. Osim toga, luke su ključni podsustav pomorskog i prometnog sustava te poticatelj razvitka mnogih gospodarskih djelatnosti i prometnih tokova. One predstavljaju golemu ekonomsku snagu, te imaju važnu ulogu u svjetskom i nacionalnom gospodarstvu i međunarodnoj trgovinskoj razmjeni [2].

Pomorske luke povezuju kopneni i pomorski promet, te su poticatelji razvitka mnogih djelatnosti (npr. proizvodnje, dorade, trgovine i uslužnih djelatnosti), čimbenik razvitka (industrija, energetika) te su također, veoma bitan segment nacionalnog gospodarstva zemlje što se očituje putem prihoda, zaposlenih osoba, vrijednosti infrastrukturnih objekata i opreme.

Promet i pomorstvo su važne gospodarske djelatnosti, možda najvažnije u današnjem privrednom i društvenom razvitku svijeta. More je oduvijek bilo izvor blagostanja mnogih pomorskih naroda i osnova razvoja i međunarodnog ugleda pomorski orijentiranih zemalja. Ono je prometni medij koji nije potrebno ni izgrađivati, ni održavati, potrebno je jedino na početnim i završnim točkama morskih putova izgraditi i opremiti luke kao čvorišta kopnenog i pomorskog prijevoza.

Lučki sustav može se definirati kao dio svjetskoga prometnog sustava u kojem se zbivaju promjene između osnovnih nositelja pomorskog i kopnenog prometa. Lučki sustav je složen, dinamički, otvoreni, stohastički i organizacijski sustav sa svim tehničkim elementima i svim organizacijskim elementima potrebnim za izvođenje najpovoljnijeg prekrcajnog procesa i upravljanje tim procesom. Lučki je sustav opravdano razmatrati s aspekta povezanosti unutarnjih i vanjskih čimbenika, prikazan slikom 1., jer svoju ulogu ostvaruje kroz pružanje usluga pri premještanju tereta s jednog na drugo prijevozno sredstvo. Lučki sustav može se analizirati i s obzirom na primijenjeni proces rukovanja teretom u luci, u kojem razna područja rada mogu naći svoje mjesto. Da bi lučki sustav pravilno funkcionirao i ostvarivao postavljene ciljeve, nužno je da svi elementi sustava djeluju povezano. Svi ti elementi međusobno su povezani u dinamički sustav koji čini lučka infrastruktura i suprastruktura, prijevozna sredstva, sustav veza, tehnologija i organizacija rada itd. [3]



Slika 1. Interesne skupine lučkog sustava [3]

Luke su od vitalnog značenja za Europsku uniju u pogledu trgovine i transporta. Konkurentnost Europe u globalnoj ekonomiji ovisi o efikasnoj i troškovnoj učinkovitosti pomorskih luka i terminala [2].

Evolucija svjetskoga pomorstva koja je obilježena globalizacijskim procesima, liberalizacijom i normizacijom, pruža velike mogućnosti onima koji se pravodobno i učinkovito prilagode novim uvjetima i pravilima ponašanja na jedinstvenoj i cjelovitoj svjetskoj pomorskoj sceni.

## 2.1. Podjela luka

Obilježja luke ovise o njezinoj prometnoj funkciji i o fizičkim, ekonomskim i političkim svojstvima. Luke imaju svoja vlastita svojstva, kao što ih imaju i brodovi, a potrebno je istaknuti kako im neka svojstva mogu biti istovjetna s brodovima. Ako se prihvati navedeno gledište tada su i njihova zajednička tehničko-tehnološka svojstva određena njihovim geografskim, ekonomskim i pravnim obilježjima.

Luke se mogu podijeliti prema [1]:

- načinu izgradnje
  - prirodne luke - smještene tako da prirodno imaju dovoljnu zaštitu od vjetrova i valova
  - umjetne luke – zaštita se postiže izgradnjom različitih lučkih objekata
- mjestu
  - morske luke - obalne, estuarijske, lagunske i otočne
  - luke unutarnje plovidbe - riječne, jezerske i kanalske

- namjeni
  - zaklonske luke - služe za sklanjanje brodova u slučaju vremenskih nepogoda ili nekih drugih potreba
  - ratne luke - grade se za potrebe ratne mornarice, kako za ratne tako i za mirnodopske svrhe
  - trgovačke luke - pretežno služe potrebama međunarodnoga i domaćega prometa tereta i putnika
  - ribarske luke - moraju zadovoljavati potrebe smještaja ribarskih brodova, prihvat tereta, skladištenje u hladnjačama, a često i smještaj industrije za preradu ribe
- vrstama tereta
  - luke za opći teret
  - luke za rasute terete
  - luke za tekuće terete
  - specijalizirane luke
- djelatnostima koje se obavljaju
  - prometne luke - obavljaju prekrcajnu i trgovačku djelatnost, pa su lučka infrastruktura i uređaji izgrađeni za takvu namjenu
  - prometno-industrijske luke - uključuju djelatnosti obrade, dorade i prerade robe, no sadržajno se na robi ne zbivaju tako velike promjene kao u industrijskoj luci
  - industrijske luke - grade se za industriju prerade rude, nafte ili neke druge masovne sirovine
- vodostaju
  - otvorene luke
  - luke pristupačne u svako doba
  - zatvorene (plimne) luke - brodovi mogu ući samo za visoka vodostaja
- značenju
  - svjetske luke – roba se stječe iz svih krajeva svijeta u velikim količinama
  - međunarodne luke - promet robe među različitim zemaljama
  - lokalne luke – obalna plovidba

## 2.2. Elementi lučkog sustava

Za funkcioniranje lučkog sustava potrebno je uskladiti djelovanje svih subjekata koji sačinjavaju njegovu strukturu s ciljem postizanja optimalnih vrijednosti prometnoga toka u kojem luke imaju vitalnu ulogu [4].

Neki subjekti prometnog toka mogu se zaobići ako se nađu efikasnija rješenja, ali nikako se ne može zaobići luka kao mjesto u kojem se nalazi sjecište svih prometnih grana. Primjerice, brodar surađuje s agentom, špediterom, štivadorom, vlasnikom tereta i lučkom upravom. U ovom se poslu javljaju i treće osobe u vidu kompanija koje čine posrednički kanal između krcatelja i prijevoznika. Zbog velike cijene slanja „manjih pošiljaka“ poduzeća se mogu udružiti radi smanjena cijena prijevoza.

Lučki sustav predstavlja dio svjetskog prometnog sustava u kojem se odvijaju promjene između osnovnih nositelja pomorskog i kopnenog prometa. Iz tog je razloga lučki sustav složen i dinamičan organizacijski sustav sa svim tehničkim elementima koji su potrebni za izvođenje najpovoljnijeg prekrcajnog procesa i upravljanje tim procesom.

Proučavanje i analiziranje strukture lučkog sustava omogućuje sagledavanje hijerarhijskog odnosa tehničkog, tehnološkog, ekonomskog organizacijskog, ekološkog i pravnog aspekta [3].

### 2.2.1. Tehnički elementi lučkog sustava

Tehnički elementi lučkog sustava su [3]:

- infrastruktura (podgradnja)
- suprastruktura (nadgradnja)
- prekrcajna mehanizacija

Lučku infrastrukturu čine svi objekti na terenu i u akvatoriju luke ili terminala, koji istodobno služe svim radnim organizacijama, organima luke i institucijama koje imaju bilo kakve aktivnosti u tom prostoru. Infrastrukturni objekti su nepokretna sredstva za rad u luci, takozvani pasivni objekti koji ne proizvode lučku uslugu, ali služe za organiziranje i obavljanje lučke djelatnosti.

Lučka infrastruktura (podgradnja) jesu pristani, gatovi, lukobrani, operativne obale i druge lučke zemljišne površine, objekti prometne infrastrukture (npr. lučke cestovne i željezničke prometnice, vodovodna, kanalizacijska, energetska, telefonska mreža, objekti za sigurnost plovidbe u luci i sl.).

Lučku suprastrukturu čine lučki objekti i sredstva za rad koja služe pri prekrcaju tereta, skladištenju robe i nekim specifičnim lučkim aktivnostima (fumigacija robe, popravci i dr.). Suprastrukturni objekti su takozvani aktivni objekti jer se neposredno koriste u proizvodnji lučke usluge.

Lučka suprastruktura (nadgradnja) jesu nepokretni objekti izgrađeni na lučkom području kao što su upravne zgrade, skladište, silosi, rezervoari i sl., te lučki kapitalni pretovarni objekti (npr. dizalice i sl.).

Prekrcajno-prijevozna sredstva terminala su transportna sredstva i sredstva namijenjena ukrcaju, iskrcaju ili prekrcaju tereta na brodove ili s brodova. Namijenjena su i rukovanju teretom na lučkom prostoru u svim potrebnim aktivnostima vezanim za njegov protok kroz luku. S obzirom na prihvatne mogućnosti terminala za određene vrste tereta, razvila se potrebna lučka mehanizacija: obalne dizalice, pokretne (obalne) dizalice, viličari, kamioni, traktori, prikolice, transportne trake itd.

Osnovna podjela prekrcajne mehanizacije temelji se na prekidnom i neprekidnom djelovanju. Sredstva neprekidnog djelovanja jesu: cjevovodi, transporteri, konvejeri i elevatori, a sredstva s povremenim djelovanjem su: dizalice, dizala i prekrcajno-prijevozna sredstva.

### **2.2.2. Tehnološki elementi lučkog sustava**

Tehnološke elemente predstavljaju procesi koji će se obavljati na terminalu, odnosno procesi priveza/odveza, iskrcaja/ukrcaja, skladištenja, pružanja dodatnih usluga teretu (razvrstavanje, brojenje, mjerenje, vaganje itd.). Da bi se svi ti procesi mogli odvijati, potrebni su odgovarajući tehnički elementi i rad u stvarnom vremenu. Rad u stvarnom vremenu uvjetovan je uspostavom inteligentnih sustava i procesa, elektroničkom razmjenom podataka, pripremom i planiranjem dolaska jedinica, što rezultira eliminiranjem pogrešaka procesiranja i zakrčenosti, korištenjem najnovijih informacija i njihovom dostupnošću na zaslonima svih subjekata te pružanjem maksimalnog sadržaja informacija – planirani procesi, sadašnji procesi te pregled dotadašnjih procesa [3].

Najčešći tehnološki procesi u luci su iskrcaj tereta s broda, razvrstavanje, uskladištenje, ukrcaj u brod, prekrcaj u željezničke vagone ili cestovna vozila i djelomična prerada robe. Osim toga, obavljaju se i određene navigacijske radnje u vezi s pristajanjem ili odvezom brodova, opskrba gorivom i mazivom, namirnicama i drugim potrepnostima, popravci i održavanje broda, sanitarni i drugi pregled. Specijalizacija luka omogućuje ekonomičniju i djelotvorniju manipulaciju tereta proizašlu iz potrebe za postojanjem terminala za svaku pojedinu vrstu tereta.

Tehnološki proces prekrcaja tereta sastoji se od sljedećih elemenata [3]:

- obavijest o dolasku brodova u luku i spremnost broda
- radnje u vezi s privezivanjem broda
- proces ukrcaja tereta u brod
- proces iskrcaja tereta iz broda
- odlazak broda iz luke

Suradnja između broda i terminala mora započeti prije dolaska broda u luku. Budući da se brodovi međusobno razlikuju u specifičnim detaljima, u interesu terminala je da je brod opremljen opremom dovoljno fleksibilnom da može udovoljiti potrebama različitih brodara. Osim zakonske obveze javljanja broda organima pomorske uprave, komunikacija između broda i terminala mora biti ostvarena u skladu s utvrđenom sigurnosnom praksom koju propisuju nadležne službe terminala u suradnji s organima pomorske uprave.

### **2.2.3. Ostali elementi lučkog sustava**

Organizacijski aspekt predstavljaju lučka poduzeća koja su nositelji djelatnosti prekrcaja, skladištenja, opskrbe brodova i dodatnih usluga i mogu biti specijalizirana za dio tehnološkog procesa ili tehnološki proces u cjelini [3].

Organizacija rada u lukama može biti sredstvo poboljšanja performansi lučkog sustava, naročito ako se promatra kroz bolju informiranost subjekata, fleksibilnost usluga, poboljšanje radnih procedura u parkirnoj i odlagališnoj zoni, skladišnom prostoru te onih vezanih za manipulaciju tereta i primjenu EDI (Electronic Data Interchange) sustava – sustav elektroničke obrade podataka od strane svih subjekata lučkog sustava.

Ekonomski elementi su lučke tarife posredovanjem kojih lučko poduzeće i luka mogu utjecati na akviziciju tereta, način financiranja, investiranje i određivanje skladišnih tarifa. U ekološkom smislu važno je odgovorno provođenje lučkih djelatnosti vezanih za manipulaciju tereta i za opskrbliivanje brodova u skladu s ekološkim normama. Poduzimanje pravovremenih mjera i postojanje plana ponašanja i djelovanja u slučaju smjernice očuvanja morskog okoliša.

## **2.3. Funkcije luka**

Razvitkom svjetskog gospodarskog i svjetskog prometnog sustava, mijenjala se uloga i značenje luka. Jedan od najvažnijih zadataka luka da prate novonastale promjene i prilagođavaju se sve većim količinama robe, ali i promjenama koje se zbivaju kod glavnih nositelja međunarodne razmjene dobara. Suvremene su luke ključna središta prometa, trgovine i industrije pa se lučke djelatnosti prema svojim bitnim obilježjima mogu svrstati u jednu od tri osnovne funkcije [4]:

1. Prometna funkcija luke
2. Trgovačka funkcija luke
3. Industrijska funkcija luke

### **2.3.1. Prometna funkcija luke**

Primarna djelatnost luke je promet, pa je stoga prometna funkcija temeljna funkcija luke. Prometna je funkcija ujedno preduvjet postojanja trgovačke i industrijske funkcije luke. Međutim, u djelovanju sustava luke, sve se tri funkcije nalaze u uskoj međusobnoj svezi u odnosu funkcionalne zavisnosti. Da bi luka mogla ostvariti prometnu funkciju mora udovoljiti određenim zahtjevima [4]:

- raspolagati odgovarajućim prekrcajnim kapacitetima
- imati dobru kopnenu povezanost sa zaleđem
- razvijene pomorske veze

Svoju prometnu funkciju luka može optimalno ostvariti samo ako postoji usklađenost prekrcajnih i skladišnih kapaciteta u luci, pročelja luke i kapaciteta kojima raspolaže kopnena infrastruktura. Dimenzioniranje pojedinih kapaciteta ne smije se promatrati izolirano jer tako nastaju uska grla koja su limitirajući čimbenik optimalna iskorištavanja ostalih kapaciteta. S unapređenjem prometne funkcije luke, proporcionalno se razvijaju i ostale funkcije i obratno –

s njezinim stagniranjem i nazadovanjem, stagniraju ili nestaju i ostale funkcije. Zato je prometna funkcija najvažnija funkcija luke jer bez nje ne bi bilo ni ostalih funkcija [3].

### **2.3.2. Trgovačka funkcija luke**

Iz prometne funkcije postupno se razvila trgovačka funkcija, jer danas suvremene luke nisu samo prekrcajna, nego i trgovačka središta. Uvoznik nabavlja robu u velikim količinama jer to snižava nabavnu cijenu i pojeftinjuje prijevoz, a prodaje je u malim količinama. Na taj način luke postaju središta nacionalne, međunarodne i svjetske trgovine. Po svojoj trgovačkoj funkciji, luka služi kao posrednik u prometu između dva područja međusobno rastavljena morem, odnosno posrednik između proizvođačke i potrošačke zemlje [4].

Trgovačka funkcija u luci obuhvaća:

- kupoprodaju robe
- dodatne zahvate na robi koji povećavaju tržišnu vrijednost robe (pakiranje, prepakiranje, punjenje, pretakanje, miješanje, sortiranje, bilježenje robe, itd.)

Da bi luka uspješno obavljala svoju trgovačku funkciju, mora udovoljiti određenim zahtjevima i imati na raspolaganju:

- dobre kopnene i pomorske veze
- dovoljne količine roba koncentrirane u lučkom području
- odgovarajuće skladišne kapacitete

Pojavni i jednostavniji oblik trgovačke funkcije jest kupoprodaja robe u lukama. Takvom se kupoprodajom regulira odnos ponude i potražnje na tržištu, a luke postaju robne burze opće ili posebne namjene. Takva uloga luka u pomorskom prometu poznata je još iz srednjeg vijeka, u vrijeme razvijene posredničke trgovine. Postojanje slobodnih lučkih zona u lučkom području omogućava razvoj trgovačke funkcije i stvaranje specijalnih tržišta u lukama za pojedine vrste robe [3].

Neposredno je trgovačka funkcija luke u apsolutnoj zavisnosti od prometne funkcije, odnosno luke, jer bez razvijene prometne funkcije i bez velike koncentracije prometa u luci ne može biti ni razvijene trgovačke funkcije.

### **2.3.3. Industrijska funkcija luke**

U prvoj fazi svoga razvitka industrijska funkcija luke bila je usko povezana s trgovačkom, a sastojala se u većoj ili manjoj doradi, odnosno preradi uvezene robe. Na taj se način industrijska funkcija luke izravno nadovezala na trgovačku funkciju povećavajući količine roba upućenih u luku i unapređujući prometnu i trgovačku funkciju luke. Prva industrijska funkcija u luci bila je brodogradnja i industrija brodske opreme. Poslije se razvijaju rafinerije i s njima povezane industrije (termoelektrane, cementare, čeličane, itd.) [3].

U novije vrijeme industrijska funkcija luke dobiva sve veće značenje jer su luke postale sve traženija mjesta za smještaj različitih industrijskih postrojenja u kojima se obavlja industrijska prerada sirovina i proizvodnja gotovih proizvoda. Time se maksimalno



iskorištavaju prednosti koje pruža more, kao najekonomičniji prometni put, za sniženje transportnih troškova industrijskih sirovina. Smještajem industrije u lukama omogućuju se uštede na troškove prijevoza sirovina do industrijskih postrojenja u unutrašnjosti, što ujedno pojeftinjuje gotov proizvod.

Istodobno, industrija smještena u lučkim industrijskim područjima dobiva određene carinske, fiskalne, devizne vanjsko-trgovinske i druge olakšice, da bi postala konkurentnija na svjetskom tržištu.

Industrijska funkcija izazvala je duboke promjene u vanjskom izgledu i organizaciji luke. Između ostalog, dovela je do velika povećanja lučkih površina, potrebnih za smještaj tvornica i drugih industrijskih pogona.

Od industrijske funkcije luke treba razlikovati industrijske luke, odnosno industrijske lučke zone, kao viši stupanj industrijske funkcije luke, iako su često njihove djelatnosti međusobno usko povezane. Osnovna je razlika u tome što, u prvom slučaju roba ide u lučko skladište i tu se prerađuje, dorađuje ili na neki drugi način oplemenjuje, a u drugom slučaju, roba, odnosno sirovina, ide u tvornicu koja se nalazi u samoj luci ili u lučkoj zoni.

Da bi luka uspješno obavljala svoju industrijsku funkciju potrebno je da zadovolji sljedeće uvjete [3]:

- položaj i značenje luke u nacionalnoj i svjetskoj privredi, prometnom sustavu zemlje i širem gravitacijskom zaleđu
- položaj luke prema izvorima sirovina i prema tržištu
- stupanj koncentracije tereta i linija pomorske plovidbe u luci
- gospodarska razvijenost i struktura lučkog grada i gravitacijskog zaleđa
- dubina mora i ostala maritimna obilježja užeg lučkog područja
- terenski uvjeti (velike površine, s mogućnošću daljnjeg širenja)
- potrebna infrastruktura, oprema i organizacija rada

Približavanje industrije obalama, u današnje se doba proširilo u najnaprednijim pomorskim zemljama na premještanje ne samo industrije, nego i čitava niza raznih gospodarskih i društvenih djelatnosti iz unutrašnjosti na more. Taj se proces naziva litoralizacija i u suvremenim uvjetima postaje jedna od osnovnih komponenata općeg razvitka i napretka.

### 3. KONCEPT INTERNET OF THINGS

Svjedoci smo nove ere Interneta stvari. Općenito govoreći, IoT se odnosi na umreženo povezivanje svakodnevnih predmeta koji su često opremljeni sveprisutnom inteligencijom. IoT će povećati sveprisutnost Interneta integrirajući svaki objekt za interakciju putem ugrađenih sustava, što dovodi do visoko distribuirane mreže uređaja koji komuniciraju s ljudima, kao i s drugim uređajima. Zahvaljujući brzom napretku osnovnih tehnologija, IoT otvara ogromne mogućnosti velikom broju novih aplikacija koje obećavaju poboljšanje kvalitete našeg života. Posljednjih godina IoT je privukao veliku pažnju istraživača i praktičara iz cijelog svijeta.

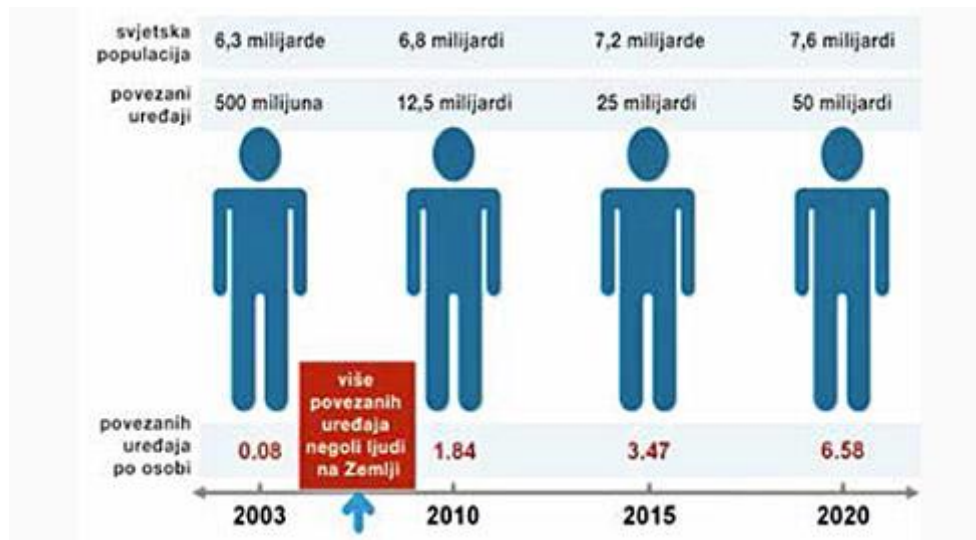
Koncept IoT-a prvi je predstavio Kevin Ashton iz Auto ID Labs-a 1999. Početna ideja bila je razviti umreženi sustav koji koristi RFID (radiofrekvencijska identifikacija) uređaja. Od tada se koncept razvijao, obuhvaćajući mnoge nove ideje, arhitekturu i scenarije primjene. IoT sustavi se smatraju distribuiranim sustavima gdje se stvari ili uređaji distribuiraju na različitim zemljopisnim područjima koji mogu razmjenjivati informacije na autonomne i pouzdane načine za izvršavanje mnogih zadataka bez ikakvih ljudskih intervencija. Distribuirani uređaji općenito će imati vrlo malu računalnu snagu. Slijedom toga, podatke s ovih uređaja treba objediniti i poslati u prostor za obradu. Razvoj IoT sustava uglavnom je potaknut sveprisutnim komunikacijskim sustavima, ugrađenim računalnim uređajima, arhitekturom računalstva u oblaku i naprednim softverskim tehnikama. S rastućom potražnjom i primjenom IoT sustava razvija se i arhitektura jezgrenog sustava. Uvođenje IoT sustava već je počelo podržavati nove i konvencionalne aplikacije u različitim područjima [5].

IoT je u središtu preklapajućih vizija usmjerenih na Internet (middleware), stvari (senzori) i semantiku (znanje). Konkretno, vizija orijentirana na Internet, naglašava mrežnu paradigmu i iskorištavanje uspostavljene mrežne infrastrukture zasnovane na IP-u, kako bi se postigla učinkovita veza između uređaja, te je specificirana na razvoj jednostavnih protokola kako bi se udovoljilo IoT-ovim specifičnostima. Vizija orijentirana na stvari se usredotočuje na fizičke predmete i na pronalaženje sredstava koja su u stanju identificirati ih i integrirati s virtualnim (cyber) svijetom. I semantički orijentirana vizija ima za cilj korištenje semantičkih tehnologija, iskoristiti objekte i njihove podatke za predstavljanje, pohranu, međusobno povezivanje i upravljanje ogromnom količinom informacija koje pruža sve veći broj IoT objekata [6].

Primjenom IoT koncepta povećava se i broj povezanih uređaja na internet po korisniku (slika 2.). Stoga IoT rješenja trebaju biti [7]:

- Korisnički orijentirana (user-friendly) - metode za inicijalizaciju i umrežavanje uređaja trebaju biti vrlo jednostavne, intuitivne i lako upotrebljive tako da krajnji korisnik ne mora obavljati složene i na pogreške osjetljive konfiguracijske postupke kao ni specijaliziranu opremu, odabir i upisivanje lozinki za svaki mrežni uređaj, čitanje dugih uputa i slično.
- Skalabilna - omogućiti da korisnik inicijalizira i umreži razumno velik broj uređaja, primjerice, mehanizam za inicijalizaciju treba skalirati s desecima, stotinama i tisućama uređaja koji imaju ograničena sučelja (nedostatak sučelja na bežičnim uređajima poput tipkovnice, serijskog sučelja ili zaslona).

- Mobilna - mogućnost postavljanja mreže na drugoj lokaciji, na primjer, bežičnu senzorsku mrežu koju je imao jedan pacijent treba postaviti na drugoga i povezati je s odgovarajućim resursima.
- Sigurna - provedba odgovarajućih autentifikacijskih i autorizacijskih postupaka te šifriranje podataka.



Slika 2. Prikaz broja uređaja i populacije [7]

IoT je postao uobičajena vijest i marketinški trend. Pojavio se kao važna tehnologija s aplikacijama na mnogim poljima. IoT ima korijene u nekoliko ranijih tehnologija: rašireni informacijski sustavi, senzorske mreže i ugrađeno računanje. Pojam IoT sustav preciznije opisuje upotrebu ove tehnologije od Interneta stvari. Većina IoT uređaja povezani su zajedno kako bi stvorili sustave specifične za svrhu; rjeđe se koriste kao uređaji za opći pristup na svjetskoj mreži.

IoT prelazi raširene računalne i informacijske sustave koji su se koncentrirali na podatke. Pametni hladnjaci jedan su od primjera raširenih računalnih uređaja. Nekoliko je proizvoda uključivalo ugrađena računala i omogućavalo korisnicima unos podataka o sadržaju hladnjaka za planiranje izbornika. Konceptualni uređaji automatski bi skenirali sadržaj hladnjaka kako bi se pobrinuli za unos podataka. Slučajevi upotrebe predviđeni za ove hladnjake nisu toliko udaljeni od aplikacija za planiranje izbornika za samostalna osobna računala [8].

S tehničkim napretkom, naša se interakcija s informacijskim sustavima mijenja, kako na poslu, tako i tijekom slobodnog vremena. Informacije, senzori i mrežna tehnologija postaju sve manje, snažnije i češće se koriste. Ljudi se više ne susreću s informacijskom tehnologijom samo u zajedničkim točkama svog života, poput ureda ili na stolovima, već i kao informacijska i komunikacijska infrastruktura, koja je prisutna u sve većim područjima svakodnevnog života. Ovu infrastrukturu karakterizira činjenica da ne uključuju samo klasične uređaje, na primjer, osobna računala i mobilne telefone, već je i informacijska i komunikacijska tehnologija ugrađena u predmete i okruženja [6].

### 3.1. Osnovne IoT tehnologije

Postoji pet IoT tehnologija koja se naširoko koriste za razvoj proizvoda i usluga temeljenih na IoT-u [9]:

- RFID (Radio Frequency Identification)
- WSN (Wireless Sensor Networks)
- Middleware (međusoftver)
- Računalni oblak
- IoT softver za aplikacije

#### 3.1.1. RFID

Radiofrekvencijska identifikacija (RFID) omogućuje automatsku identifikaciju i prikupljanje podataka pomoću radio valova, oznake i čitača. Oznaka može pohraniti više podataka od tradicionalnih crtičnih kodova. Oznaka sadrži podatke u obliku Elektroničkog koda proizvoda (EPC), globalnog sustava identifikacije predmeta temeljenog na RFID-u koji je razvio Auto-ID Center. Koriste se tri vrste oznaka [9]:

- Pasivne RFID oznake oslanjaju se na energiju radio frekvencije koja se prenosi s čitača na oznaku kako bi napajala oznaku; nisu na baterije. Njihova se primjena može naći u opskrbnim lancima, putovnicama, elektroničkim cestarinama i praćenju na razini predmeta.
- Aktivne RFID oznake imaju vlastito napajanje baterijama i mogu potaknuti komunikaciju s čitačem. Aktivne oznake mogu sadržavati vanjski senzor za nadzor temperature, tlaka, kemikalija i drugih uvjeta. Aktivne RFID oznake koriste se u proizvodnji, bolničkim laboratorijima i daljinskom upravljanju IT imovinom.
- Polupasivne RFID oznake koriste baterije za napajanje mikročipa dok komuniciraju crpeći snagu iz čitača.

#### 3.1.2. WSN

Bežične senzorske mreže (WSN) sastoje se od prostorno distribuiranih autonomnih uređaja opremljenih sensorima za praćenje fizičkih ili okolišnih uvjeta i mogu surađivati sa RFID sustavima radi boljeg praćenja statusa stvari kao što su njihov položaj, temperatura i kretanja. WSN dopušta različite mrežne topologije i multihop komunikaciju. Tehnološki napredak u integriranim krugovima male snage i bežičnim komunikacijama stavio je na raspolaganje učinkovite, jeftine minijaturne uređaje male snage za upotrebu u WSN aplikacijama [9].

Bežične senzorske mreže su se primarno koristile u logistici hladnog lanca koje koriste termičke i rashladne metode pakiranja za transport proizvoda osjetljivih na temperaturu. WSN se također koriste za sustave održavanja i praćenja. Na primjer, tvrtka General Electric postavlja senzore u svoje mlazne motore, turbine i vjetroelektrane. Analizom podataka u stvarnom

vremenu, štede vrijeme i novac povezan s preventivnim održavanjem. Slično tome, American Airlines koristi senzore sposobne za snimanje 30 terabajta podataka po letu za usluge poput preventivnog održavanja.

### **3.1.3. Middleware**

Middleware je softverski sloj umetnut između softverskih aplikacija kako bi programerima softvera olakšao komunikaciju i ulaz/izlaz. Njegova je značajka skrivanja detalja različitih tehnologija temeljna za oslobađanje IoT programera od softverskih usluga koje nisu izravno relevantne za određenu IoT aplikaciju. Middleware je popularnost stekao 1980-ih zbog svoje glavne uloge u pojednostavljivanju integracije naslijeđenih tehnologija u nove. Također je olakšao razvoj novih usluga u distribuiranom računalnom okruženju. Složena distribuirana infrastruktura IoT-a s brojnim heterogenim uređajima zahtijeva pojednostavljivanje razvoja novih aplikacija i usluga, pa je upotreba međusoftvera (middleware) idealno prilagođena razvoju IoT aplikacija. Na primjer, GSN (Global Sensor Networks) je platforma softvera senzora otvorenog koda koja omogućuje razvoj i primjenu senzorskih usluga uz gotovo nula programskog napora. Većina arhitektura međusoftvera za IoT slijedi pristup orijentiran na usluge kako bi podržao nepoznatu i dinamičnu topologiju mreže [9].

### **3.1.4. Računalni oblak**

Računalni oblak je model za pristup na zahtjev zajedničkom skupu konfigurabilnih resursa (npr. računala, mreže, poslužitelji, pohrana, aplikacije, usluge, softver) koji se mogu pružiti kao Infrastruktura kao Usluga (IaaS) ili Softver kao Usluga (SaaS). Jedan od najvažnijih rezultata IoT-a je ogromna količina podataka generiranih s uređaja povezanih na Internet. Mnoge IoT aplikacije zahtijevaju masovnu pohranu podataka, ogromnu brzinu obrade kako bi se omogućilo donošenje odluka u stvarnom vremenu i širokopojasne mreže velike brzine za protok podataka, zvuka ili videa. Računarstvo u oblaku pruža idealno pozadinsko rješenje za rukovanje ogromnim tokovima podataka i njihovu obradu za neviđeni broj IoT uređaja i ljudi u stvarnom vremenu [9].

### **3.1.5. IoT softver za aplikacije**

IoT olakšava razvoj bezbroj IoT aplikacija usmjerenih na industriju i korisnika. Dok uređaji i mreže pružaju fizičku povezanost, IoT aplikacije omogućuju pouzdanu i robusnu interakciju uređaj-uređaj i čovjek-uređaj. IoT aplikacije na uređajima moraju osigurati da su podaci/poruke primljeni i da se prema njima pravovremeno postupaju. Primjerice, aplikacije za prijevoz i logistiku prate status prevezene robe poput voća, svježe rezanog proizvoda, mesa i mliječnih proizvoda. Tijekom prijevoza, status očuvanja (npr. temperatura, vlaga, udar) neprestano se prati i automatski se poduzimaju odgovarajuće radnje kako bi se izbjeglo kvarenje kad je veza izvan dosega. Na primjer, tvrtka FedEx koristi SenseAware kako bi pratio temperaturu, mjesto i ostale ključne značajke paketa, uključujući vrijeme otvaranja i je li tijekom puta neovlašteno promijenjeno [9].

Iako aplikacije uređaj-uređaj ne zahtijevaju nužno vizualizaciju podataka, sve više IoT aplikacija usmjerenih na čovjeka pruža vizualizaciju kako bi krajnjim korisnicima predstavile informacije na intuitivan i lako razumljiv način i omogućile interakciju s okolinom. Važno je

da se IoT aplikacije grade s inteligencijom kako bi uređaji mogli nadzirati okruženje, prepoznavati probleme, međusobno komunicirati i potencijalno rješavati probleme bez potrebe za ljudskom intervencijom.

### 3.2. Arhitektura IoT sustava

Sustavi imaju različite zahtjeve koji se mogu ispuniti, ali slijede opću arhitekturu. IoT sustavi smatraju se multi-tehnološkim sustavom koji obuhvaća električne, elektroničke, komunikacijske i softverske tehnike. Na slici 3. prikazan je opći blok dijagram IoT sustava koji prikazuje različite podsustave. Kao što je prikazano, komunikacijska mreža je poveznica koja veže različite podsustave, omogućujući provedbu mogućnosti prikupljanja i obrade podataka. IoT komunikacijske mreže imaju neke jedinstvene zahtjeve u odnosu na standardni bežični senzor ili industrijske mreže. Dvije su glavne razlike u tome što IoT mreže trebaju služiti velikom broju uređaja raspoređenih na širokim zemljopisnim područjima, a čvorovi će općenito generirati kratke nizove informacija gdje bi obrazac generiranja informacija mogao biti prilično raznolik [5].

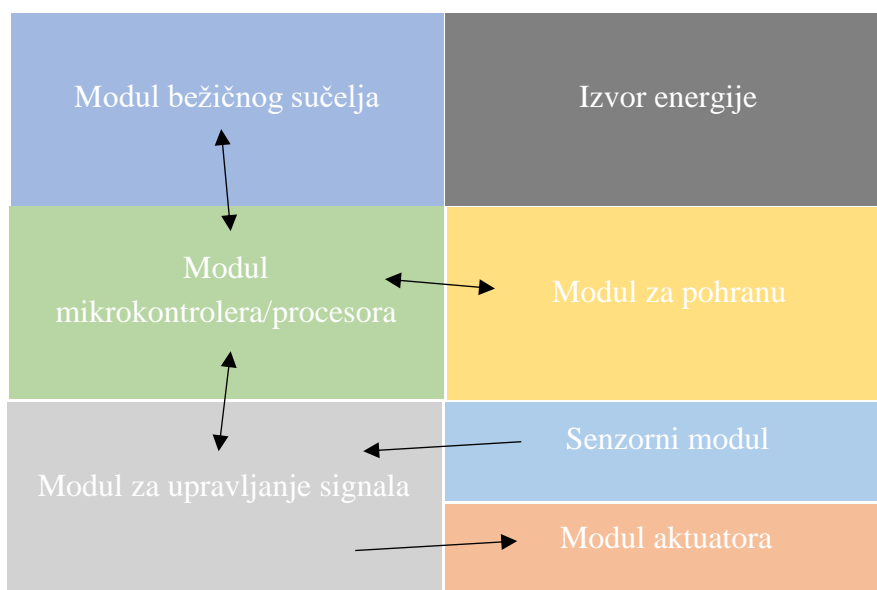


Slika 3. Opći blok dijagram IoT sustava [5]

Također zahtjevi za QoS (Quality of Service) mogu biti znatno raznoliki. Za razvoj IoT mreža treba razmotriti nekoliko problema s dizajnom. Prvo je kako opslužiti velik broj uređaja na velikim geografskim područjima gdje su krajnji uređaji uređaji s ograničenom energijom. U većini aplikacija IoT uređaji bit će ograničeni energijom kako bi produžili vijek trajanja baterije. Mnogi uređaji mogu biti uređaji za prikupljanje energije gdje raspoloživost energije može ovisiti o prostornim i vremenskim čimbenicima. Drugo se pitanje odnosi na QoS jamstvo i na to kako bi se sve informacije o IoT sensorima mogle dostaviti na odredišta održavajući njihove potrebne QoS zahtjeve. Dizajn IoT komunikacijske mreže ovisit će o njezinim zahtjevima za implementaciju. Slijedom toga, potrebno je razumjeti različite tehnike dizajniranja mreže za razvoj optimalnih komunikacijskih mreža [5].

U IoT mrežama informacije koje generiraju aplikacije iz izvornih čvorova prenijet će materijal koristeći odgovarajuće protokole, komunikacijske veze i mrežnu infrastrukturu za razmjenu različitih podataka. Struktura komunikacijskog čvora određena je dizajnom hardvera i softvera. Hardverskom arhitekturom dominiraju električne i elektroničke tehnike dizajna, dok softverskom arhitekturom uglavnom dominiraju OSI (Open System Interconnection) ili drugi modeli. Na protok informacija unutar komunikacijskog čvora i s ostalim čvorovima također utječe softverska arhitektura koja je određena informacijskim modelom. Hardverskim dizajnom određuje se fizički sloj OSI modela. Fizički slojevi su dizajnirani da odgovaraju potrebama komunikacijskih veza, poput radijskih ili optičkih veza.

Tipični funkcionalni način IoT čvora je predstavljen arhitekturom prikazanom na slici 4. Takav čvor sastoji se od sedam osnovnih modula kako je prikazano na dijagramu. Broj modula koje čvor koristi ovisit će o konfiguraciji čvora što ovisi o zahtjevima aplikacije. Ulazni modul sastoji se od skupa senzora koji se koriste za prikupljanje podataka iz različitih fizičkih okruženja. Sensori prikupljaju informacije iz fizičkog okruženja praćenjem fizičkih uvjeta poput temperature, prašine i intenziteta svjetlosti, koji se pretvaraju u električne signale. Ti se električni signali prenose na modul za upravljanje signalima koji može sadržavati različite podmodule poput pojačala, sklopova za uklanjanje šuma i krugova za upravljanje signalima. Uvjetovani signali zatim se dovode u mikrokontroler putem A/D (analogno-digitalnog) pretvarača. Mnogi su senzori analogne prirode, pa stoga izlaz senzora treba pretvoriti u digitalni oblik. Modul mikrokontrolera/procesora implementira djelomično ili potpuno IoT algoritme koji rade na prikupljenim podacima kako bi generirali izlazne podatke koji se ili pohranjuju u modul za pohranu ili prenose drugom mrežnom entitetu pomoću bežičnog sučelja. IoT čvor također može djelovati kao pokretač gdje može primiti podatke od drugog mrežnog entiteta ili poslužitelja u oblaku pomoću bežičnog sučelja. Primiti podaci prolaze kroz potrebni algoritam pomoću lokalnog procesora, a zatim se prosljeđuju modulu za upravljanje signalima putem D/A (digitalno-analognog) pretvarača jer je većina signala iz stvarnog svijeta analogne prirode. Modul za upravljanje signalima, nakon primjene potrebnih izmjena, prosljeđuje signal modulu aktuatora za upravljanje povezanim uređajima.



Slika 4. Funkcionalni blok dijagram tipičnog IoT čvora [5]

Izvor energije koji se koristi u čvoru napaja sve module. Čvor može koristiti standardni izvor energije kao što je standardna baterija ili sustav za prikupljanje energije koji će omogućiti punjenje baterije čvora iz radnog okruženja. Operativne potrebe čvora ovisit će o njegovom hardverskom dizajnu i operativnim zahtjevima. Očekuje se da će većina IoT čvorova ostati u stanju mirovanja kada ne komunicira s drugim objektima ili obrađuje podatke. Način mirovanja pomaže u produžavanju radnog vijeka čvora kada ga napaja izvor energije koji se ne može puniti [5].

IoT operativna mreža sastoji se od distribuiranih IoT uređaja, pristupa bežičnom pristupniku i/ili baznoj stanici, podatkovnih centara, poslužitelja i usmjerivača. IoT uređaji koji prikupljaju podatke ili se koriste kao pokretači izravno se povezuju s bežičnim pristupnikom ili baznom stanicom za prijenos ili primanje podataka. IoT podaci šalju se aplikacijskom poslužitelju ili podatkovnom centru smještenom u oblaku. U tipičnim je aplikacijama bežična infrastruktura potrebna za povezivanje s IoT uređajima koji mogu podržavati stacionarne i mobilne IoT uređaje.

### 3.3. Sigurnost i privatnost

Uređaj bez mreže, čak i ako se njime upravlja računalom, podložan je programskim pogreškama i ima ograničen raspon mogućih kvarova. Klasična infrastruktura, poput elektrane, može se zaštititi fizičkim nadzorom pristupa, uz pomoć stražara, pasa i reflektora. Dok umreženi uređaji i sustavi, koji su dostupni širom svijeta, trebaju drugačiju zaštitu [10].

Internet stvari odnosi se ne samo na povezanost sustava i uređaja već i na povezane programe i usluge koji pružaju nadzor i kontrolu složenih sustava i usluga. Područje primjene obuhvaća širok spektar industrija, od zdravstvene do industrijske kontrole i od transporta do nadzornih sustava. Njegovo širenje i rast uključuje nekoliko tehnologija i disciplina, poput elektronike, ugrađenih mreža, hibridnih sustava i upravljanja. Uključivanje informacijske tehnologije kao i operativne tehnologije stvara izazov za razvoj sustava i usluga koji su



tehnološki interdisciplinarni. Iz toga proizlaze izazovi integriranja ovih tehnologija u nove metodologije dizajna za robusne i učinkovite IoT sustave i usluge. Čak i terminologija koju koriste različiti dionici predstavlja izazove i nedosljednosti zajedničkom razumijevanju svojstava i ciljeva IoT infrastrukture i aplikacija [8].

IoT sustav posebno je ranjiv jer se pojedinačnim uređajima može pristupiti bez ikakvog fizičkog kontakta. Mnogi se takvi uređaji kupuju kao roba. Kao posljedica toga, njihova sigurnost u potpunosti ovisi o proizvođaču koji više brine o prodaji i prihodu. U umreženim uređajima, poput kamera, otkriveni su mnogi nedostaci. Ako se zloupotrijebe, mogu dovesti do takvih katastrofa poput DDOS napada [10].

Takve skrivene ranjivosti mogu se širiti. Ako zlonamjerni softver preuzme kontrolu nad umreženim uređajem koji je izvana vidljiv, može preteći poslužitelje sustava. To ovisi o detaljima provedbe - koliko je dobra zaštita, a koliko pametan napadač. Vlasnik sustava može podcijeniti rizik od napada i uštedjeti troškove potrebne za pravilnu zaštitu. Ovaj periferni sustav možda nije meta napada, ali budući da je pouzdani partner važne tvrtke, može poslužiti kao odskočna daska i olakšati neizravni napad na veliku metu. Napadnuta tvrtka može povećati osjetljivost svog sustava za otkrivanje upada, ali postoji rizik od blokiranja potrebne pouzdane veze na svakom lažnom događaju.

U umreženom sustavu koji ne kontrolira sve elemente i komunicira s nekoliko partnera, postojati će granica nesigurnosti. Očito se sigurnost nuklearne elektrane neće oslanjati na postavke kamere u partnerskom sustavu. Kontrolni sustav strateške infrastrukture mora se izgraditi u sigurnosnim krugovima i moraju se identificirati sve slabe točke. Trenutno se čini da napadači imaju prednost, posebno timovi koje financira država, a izvode ciljane napade, kao recimo crv Petya koji je napao mnoge industrijske tvrtke, među njima i Maersk, najveću svjetsku brodarsku tvrtku. Brodovi nisu mogli pristati tjedan dana, a financijski gubici dosegli su 300 milijuna dolara.

IoT aplikacije koriste senzore i aktuatoru ugrađene u okoliš i prikupljaju velike količine podataka o sobnoj temperaturi, vlažnosti i osvjetljenju kako bi optimizirale potrošnju energije i izbjegle operativne kvarove koji imaju stvarni utjecaj na okoliš. U maloprodajnoj industriji, hladnjak koji ne drži odgovarajuće temperature hlađenja mogao bi dovesti u opasnost medicinski inventar ili zalihe hrane. Kad su svi uređaji povezani, toliko je potreban i pravi model podataka. Model podataka mora prilagoditi podatke senzora velike brzine prijenosa podataka i asimilirati i analizirati podatke. U ovom kontekstu izvedba čitanja/pisanja baze podataka je presudna, posebno kod podataka senzora velike brzine prijenosa podataka. Baza podataka mora podržavati brzo čitanje i pisanje, biti kontinuirano dostupna za prikupljanje tih podataka u jednakim intervalima i biti nadograđiva kako bi se održala isplativa pohrana podataka tijekom vremena [10].

U IoT okruženju postoji nekoliko svojstava koja želimo postići. S kontrolne točke gledišta, ova svojstva su obično sigurnosna svojstva. Na primjer, želimo izbjeći preopterećenje pametne mreže, izbjeći prelijevanje spremnika s tekućinom ili izbjeći predoziranje farmaceutskom tvari koja se automatski daje pacijentu. Ta se svojstva mogu kršiti iz nekoliko razloga. Programer je možda unio grešku u program, zahtjevi sustava možda su propustili uvjet koji bi se trebao uzeti u obzir, posrednički softver sustava može dati pogrešne prioritete za

kontrolu procesa ili, jednostavno, zlonamjerna strana može napadati sustav i uzrokovati pogrešne radnje [8].

Velike aplikacije i usluge temeljene na IoT-u sve su osjetljivije na ometanje od napada ili krađu informacija. Napredak je potreban na nekoliko područja kako bi se IoT zaštitio od onih koji imaju lošu namjeru [10]:

- DoS/DDOS napadi su već dobro razumljivi za trenutni Internet, ali IoT je također podložan takvim napadima i trebat će mu posebne tehnike i mehanizmi kako bi se osiguralo da promet, energija, gradska infrastruktura ne mogu biti onemogućeni ili podmetani.
- Općenito otkrivanje i oporavak napada/otpornost na suočavanje s prijetnjama specifičnim za IoT, poput ugroženih čvorova ili napada na zlonamjerni kod.
- Morat će se razviti alati/tehnike za informiranje o cyber situaciji kako bi se omogućilo praćenje infrastruktura temeljenih na IoT-u. Potreban je napredak kako bi se operaterima omogućilo da prilagode zaštitu IoT-a tijekom životnog ciklusa sustava i pomogla operaterima da poduzmu najprikladniji način zaštite tijekom napada.
- IoT zahtijeva razne kontrole pristupa i povezane računovodstvene sheme kako bi podržao različite modele autorizacije i upotrebe koji su potrebni za korisnike. Heterogenost i raznolikost uređaja/pristupnika koji zahtijevaju kontrolu pristupa zahtijevat će razvoj novih jednostavnijih shema.
- IoT mora obrađivati gotovo sve načine rada, ne oslanjajući se na ljudsku kontrolu. Nove tehnike i pristupi npr. iz strojnog učenja, moraju dovesti do samoupravnog IoT-a.

Sigurnost i privatnost često se opisuju kao sigurnosni zahtjevi u mnogim domenama aplikacija, iako se u mnogočemu razlikuju od tipičnih sigurnosnih razloga. Zaštita i sigurnost privatnosti obično su zahtjevi za procese, aplikacije i usluge, a ne za generičke sustave. Sigurnost i privatnost se preklapaju jer je privatnost sigurnosni problem u nekim kontekstima, poput financijskih transakcija. Ako nedostaju sigurnosni mehanizmi, napadač može narušiti privatnost jednostavnim prikupljanjem podataka ili može izmijeniti procese i aplikacije, što dovodi do nesigurnih uvjeta [8].

Model prijetnji koji vežemo za IoT sustave uključuje model računalnih napada i napada podataka. Računalni napadi uključuju sve zlonamjerne radnje u računalnom sustavu koje utječu na ispravno izvršavanje programa ili dovode do curenja informacija. Podatkovni napadi čine sve napade na ulazne ili priopćene podatke. Proširuje se koncept podatkovnih napada na lažne napade ubrizgavanja podataka, a to su zlonamjerne intervencije koje u sustav unose neprikladne (ilegalne) podatke. Napadi lažnih ubrizgavanja podataka nova su klasa napada na IoT sustave koji ne napadaju same IoT sustave već unose pogrešne podatke u kontrolni sustav kako bi ih doveli do pogrešne odluke. U tom pogledu to su uglavnom sigurnosni napadi. Primjerice, u HVAC sustavu napad lažnog ubrizgavanja podataka bio bi unos više temperature u sustav,

umjesto ispravne mjere, kako bi se dovelo do daljnjeg snižavanja temperature. Jasno je da ova vrsta napada može dovesti do opasnih uvjeta koji mogu ugroziti procese i sustave, čak i ljudski život.

Budući da velik dio informacija u IoT sustavu mogu biti osobni podaci, postoji potreba da se podrži anonimnost i restriktivno postupanje s osobnim podacima. Postoji nekoliko područja u kojima je potreban napredak [10]:

- Kriptografske tehnike koje omogućuju pohranu zaštićenih podataka, njihovo obrađivanje i dijeljenje, a da sadržaj informacije nije dostupan drugim stranama. Tehnologije poput homomorfne i pretražive enkripcije potencijalni su kandidati za razvijanje takvih pristupa.
- Tehnike koje podržavaju koncepte privatnosti putem dizajna, uključujući minimiziranje podataka, identifikaciju, provjeru autentičnosti i anonimnost.
- Samokonfigurirajući mehanizam kontrole pristupa koji oponaša stvarni svijet.

Brojne su implikacije na privatnost koje proizlaze iz sveprisutnosti IoT uređaja gdje su potrebna daljnja istraživanja, uključujući [10]:

- Očuvanje privatnosti lokacije, gdje se lokacija može zaključiti iz stvari povezanih s ljudima.
- Sprječavanje zaključivanja osobnih podataka, koje bi pojedinci željeli zadržati privatnim, promatranjem razmjena povezanih s IoT-om.
- Održavanje informacija lokalnim pomoću decentraliziranog računanja i upravljanja ključevima.
- Korištenje Soft identiteta, gdje se stvarni identitet korisnika može koristiti za generiranje različitih Soft identiteta za određene aplikacije. Svaki Soft identitet može se dizajnirati za određeni kontekst ili aplikaciju bez otkrivanja nepotrebnih podataka, što može dovesti do kršenja privatnosti.

## 4. PAMETNE LUKE

Ubrzo nakon što se industrija kontejnerskog brodarstva pojavila 1960-ih, velike su luke počele usvajati informacijske tehnologije, standarde i informacijske sustave za podršku učinkovitom planiranju, razmjeni informacija i upravljanju lučkim operacijama i postupcima. Stalno usvajanje jasno ukazuje na to da digitalne inovacije olakšavaju ponovni inženjering lučkih procesa i pokreću modernizaciju luka [11].

Slijedeći ideju pametnih gradova, čije pretpostavke uključuju univerzalni pristup informacijama o gradu, za koncept pametnih luka došlo je vrijeme za učinkovitu komunikaciju i brigu o okolišu. Iako je koncept pametnog grada poznat već nekoliko godina, pametna luka je ideja bez pretjerano određene definicije. Dakle, ovo je jedna od modernih perspektiva razvoja u lukama i brodarstvu, gdje nitko nema zadnju riječ. Ideja pametnih luka nije samo upravljanje tehnološkim procesima, već i digitalizacija, povećanje učinkovitosti rada u lukama, integracija luka s gradovima i dobivanje energije iz alternativnih izvora. Pametna luka - novi model upravljanja niz je inovativnih alata koji se koriste na tehnološkoj i organizacijskoj razini. Da bi koncept pametne luke postao elementom lučke strategije, potrebno je puno hrabrosti i kreativnosti od luka. A moderne luke bez inteligentnih rješenja ne mogu preživjeti žestinu konkurencije. Prije svega, ostaje osnovno pitanje što luka želi postići postajući inteligentna [12].

Provedba različitih vrsta inovativnih rješenja koja nisu rezultat dugoročne strategije mogu ispasti neuspješno. S obzirom na to da je luka raznoliko područje, sve aktivnosti moraju se odvijati na razini terminala i na razini luke. Provedbe zasnovane na konceptu pametne luke trebale bi donijeti koristi dionicima i lučkim vlastima. Iako je tržište puno tehnologija i mnogi od njih imaju univerzalne primjene, luke su raznolike u svojim aktivnostima i obično trebaju rješenja po mjeri. Druga rješenja zahtijevaju univerzalne luke i neke druge luke koje su specijalizirane za servisiranje strogo definiranih tereta, poput luka u kojima su sirova nafta i naftni proizvodi glavni teret. Stoga je važno da terminali i lučke vlasti surađuju u primjeni odgovarajućih alata.

Luke i opskrbni lanci uključuju tisuće neovisnih tvrtki i pojedinaca, ovisno o međusobnim politikama, planovima i radnjama za učinkovito donošenje ispravnih poslovnih odluka i vođenje operacija. Pametna luka koristi digitalne tokove podataka za pojačavanje suradnje, usklađivanje aktivnosti i donošenje odluka koje poboljšavaju vitalne procese tijekom njihovog poslovanja. Neki od trendova koji su vidljivi jesu [13]:

- Pametne tehnologije koje informiraju o uvjetima i korištenju fizičke infrastrukture, poput cesta, mostova, željezničkih pruga, skladišta, terminala. Na primjer, senzori ugrađeni u zidove riva, ceste, željeznice i mostove ili uz njih, a u stvarnom vremenu prenose podatke o radnim uvjetima. To također omogućuje luci da proaktivno prepozna potrebno održavanje ili popravke i tako izbjegne neplanirani zastoj.
- Rukovanje teretom koje je digitalno povezano i pomaže lukama da povećaju kapacitet rukovanja i produktivnost osiguravajući da se kranovi za dizanje, nosači, viljuškari i druga oprema pravilno održavaju i rade s najvećom

učinkovitošću. To također uključuje automatsko prepoznavanje i otkrivanje kontejnera.

- Uvedeni su sustavi dogovora za pomorski i intermodalni promet kako bi se omogućili pravovremeni dolasci, kao i prijevoznici kamionima koji rezerviraju određeno vrijeme za istovar ili utovar tereta.
- Uvođenje digitalnih alata za pružanje obavijesti o kretanju pomorskih i kopnenih prijevoznika unutar ili blizu luke, putem GPS sustava i senzora za nadzor prometa duž glavnih lučkih puteva.
- Sigurnosno korištenje digitalnih tehnologija za zaštitu lučkih zaposlenika, objekata i imovine. To obuhvaća autorizaciju ulaza, video nadzor i analitiku, analizu ponašanja, rješenja za zaštitu od krađe i prijevare i biometrijsku provjeru autentičnosti te sustave temeljene na sensorima koji pomažu vozilima i opremi za rukovanje teretom da budu pravilno usklađeni radi fizičke i cyber sigurnosti.
- Upotreba digitalnih rješenja za pomoć pri identificiranju, praćenju i skupljanju podataka potrebnih za potporu inicijativama za poštivanje zaštite okoliša i propisa, uključujući smanjenje potrošnje energije sustavima osvjjetljenja osjetljivim na kretanje unutar terminala i na lučkim putevima, te senzora kakvoće zraka koji inspektorima omogućuju primati izvješća o emisijama sumpornog dioksida u stvarnom vremenu s plovila kada ulaze ili izlaze iz luke.
- Pametna imovina koja digitalno doba brodarstva vodi korak dalje od procesa bez papira prihvaćajući Internet stvari kako bi podržala pojačano donošenje odluka od strane različitih sektorskih dionika.

Pametne luke moraju uključivati sigurno i pouzdano okruženje pomoću kojeg prijevoznici, brodari, lučke zajednice, carina, uprava, financije i drugi akteri mogu sigurno pristupiti podacima koji se odnose na njihove potrebe, poštujući globalne zakone o kibernetskoj sigurnosti i suverenitetu podataka. Ova okruženja mogu iskoristiti podatke za stvaranje inteligentnih, automatiziranih aplikacija i usluga koje će podržavati odluke u stvarnom vremenu i kontrolu imovine za luku, kao i za sve članove transportnog ekosustava.

Homogena konkurencija među lučkim operaterima povećava zabrinutost i prisiljava operatore da se preusmjere na vrijednosne inovacije. Poslovni model traženja konkurentske prednosti i profitabilnog rasta usredotočujući se samo na usluge utovara i istovara više nije održiv. Sve glavne luke širom svijeta započele su s istraživanjem inicijativa za nadogradnju i transformaciju kako bi stvorile diferencirane prijedloge vrijednosti i stekle konkurentske prednosti. Nadogradnja i transformacija luke uključuje [14]:

- Inteligentne operacije - Singapurski plan za sljedeću generaciju luka 2030, naglašava da će luka biti učinkovita, inteligentna, sigurna, kao i "zelena" i usmjerena na zajednicu.
- Inteligentna unutarnja logistika - međusobno povezano informacijsko središte Rotterdama, Portbase Port Community System, koristi mreže unutarnjeg prijevoza i nudi jedinstveno mjesto za razmjenu logističkih informacija.

- Koordinirani razvoj povezanih luka i pametnih gradova - njemačka luka Hamburg služi važnim ekonomskim, socijalnim i ekološkim funkcijama grada. Kao dio pametnog grada, luka je formulirala plan korištenja energije plime i oseke za upravljanje rijekom Elbom; izgradili sigurne i štedljive inteligentne ceste u susjednim područjima; i poduzeli mjere za smanjenje emisije ugljika i izgradnju inovativnih infrastrukturnih objekata.

Što se tiče razvoja lučkih operacija od početaka kontejnerizacije, razvidno je da su digitalizacija i integracija, olakšani usvajanjem inovativne informacijske tehnologije i informacijskih sustava, omogućili visok stupanj automatizacije i racionalizacije lučkih postupaka, posebno u kontejnerskim terminalima. Zbog tehnološkog napretka u posljednjim desetljećima, može se prepoznati gotovo potpuna ovisnost svakodnevnih lučkih operacija o informacijskim tehnologijama i sustavima. Slijedom toga, ti su sustavi postali neizostavni element luka i igraju presudnu ulogu u ukupnom uspjehu lučkih operacija. Međutim, što se tiče razvoja informacijskih tehnologija i sustava, također vidimo da luke obično zaostaju i ne uspijevaju u potpunosti integrirati i koristiti primijenjeni sustav za rješavanje trenutnih i budućih izazova. Potonje uključuje rukovanje sve većim količinama trgovine i većim brodovima, promjenu načina proizvodnje, rastuće količine prometa i visoke zahtjeve, kao i brzu urbanizaciju. S druge strane, luke su sve više obvezne promicati veću dostupnost, povećanu ekološku svijest i poboljšanu reakciju kako bi se izbjegle smetnje i kaskadni učinci, što ima negativan utjecaj na povezane logističke lance. To uključuje uspostavljanje elektroničkog jedinstvenog prozora za ispunjavanje regulatornih zahtjeva povezanih s uvozom, izvozom i pretovarom. S tim u vezi, treba preispitati ulogu informacijskih tehnologija i sustava kao takozvanog strateškog oružja [15].

Luke sve više slijede viziju logističkih lanaca unutar i među lukama koje karakteriziraju neometana suradnja i komunikacija. Naglašava se sve veća uloga suradnje i razmjene informacija u lukama. Vrijednost stvarnih i visokokvalitetnih informacija za povećanje učinkovitosti i pouzdanosti lučkih operacija putem namjenskih informacijskih sustava i srodnih sustava za podršku odlučivanju intenzivno se razvija. Trenutni projekti i istraživačke inicijative, poput Erasmus SmartPort Rotterdam i smartPort u luci Hamburg, pokazuju sve veći interes za razvijanje inovativnih rješenja za lučku zajednicu u akademskoj zajednici i praksi. Državna i međuvladina tijela i organizacije, kao što su Europska unija (EU) i Ujedinjeni narodi (UN), ulažu ogromnu količinu resursa za potporu istraživanju i razvoju u mrežama unutar i među lukama. Štoviše, pokrenuto je nekoliko studentskih natjecanja kako bi se motivirali studenti s predznanjem o informacijskim sustavima, znanosti o podacima i inženjerstvu da razviju inovativna rješenja za luku. Iako su te aktivnosti uglavnom usredotočene na logističke lance unutar luke, možemo primijetiti da velike luke, unatoč jakoj konkurenciji, imaju za cilj uspostaviti mreže među lukama i odnose kako bi olakšale bolje veze u logističkom lancu kroz razmjenu informacija, razmjenu najboljih rješenja i za izgradnju zajedničkih pothvata za razvoj inovativnih digitalnih rješenja. Općenito, razvoj inovativnih informacijskih tehnologija i sustava podržavaju glavni tehnološki trendovi, poput onih vezanih uz računalstvo u oblaku, Interneta stvari, big data i mobilnog računanja.

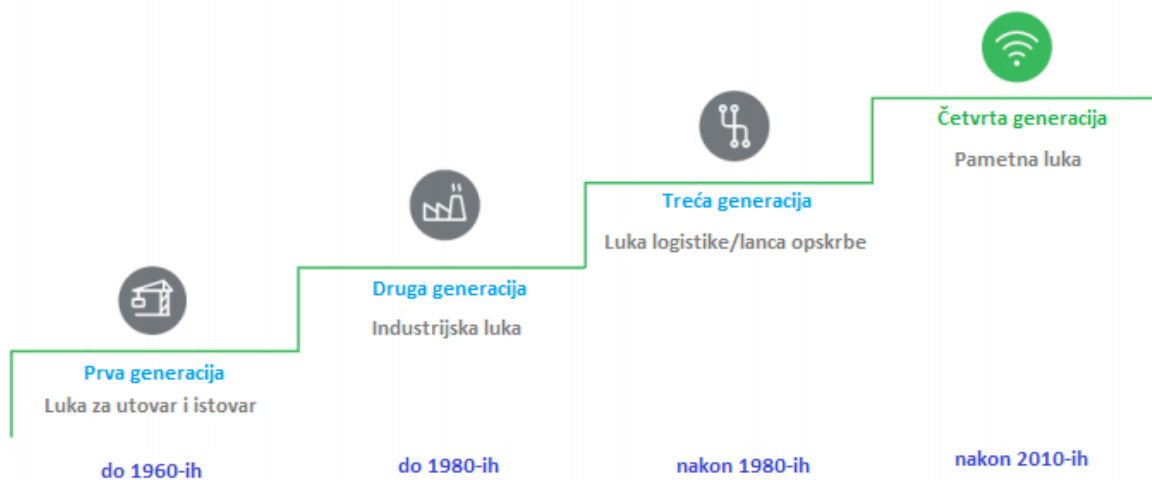
Mnogi se izazovi javljaju razvojem inovativnih informacijskih tehnologija i sustava za lučku zajednicu, barem kada je riječ o uvođenju novih rješenja na lučkoj razini. Ti se problemi,

na primjer, mogu pojaviti zbog neravnomjerne ravnoteže snaga i različitih razina zrelosti informacijskih tehnologija i sustava među akterima u lučkoj zajednici, nedostajućih standarda i nedostatka razumijevanja i spremnosti za sudjelovanje.

#### 4.1. Razvoj pametne luke

Luke su prošle strukturnu i funkcionalnu evoluciju tijekom posljednjih desetljeća. Jednostavno rečeno, postoje tri generacije u razvoju luka (slika 5.) [16]:

- luka prve generacije je luka za utovar i istovar (do 1960-ih)
- luka druge generacije je industrijska luka (do 1980-ih)
- luka treće generacije je luka logistike / lanca opskrbe (nakon 1980-ih)



Slika 5. Faze razvoja luke [16]

Svaka generacija dolazi s novom funkcijom i fokusom. U trećoj generaciji tradicionalni su stavovi smatrali da je funkcija luka manje usmjerena na usluge i regulatore, a više usmjerena na posjednika i upravitelja. Ono što danas vidimo s povećanom potrebom za digitalnom integracijom jest da luka povećava svoj fokus kao pružatelja usluga, premda ne u fizičkim uslugama poput vuče i dizalica, već više postajući pružatelj podatkovnih usluga. To znači da nakon treće faze zapravo slijedi četvrta faza, digitalizacija lučkih aktivnosti gdje nove usluge zamjenjuju ili proširuju tradicionalne lučke usluge.

Kretanje prema pametnoj luci, koja koristi puni potencijal IoT mreže i pametnih podatkovnih rješenja, znači da luka mora moći prepoznati i iskoristiti nove poslovne modele u većem ekosustavu. Priroda posla ovo čini izazovnim, jer zahtijeva integraciju između ponude i potražnje iz transportnog i logističkog sektora, asimilirajući ne samo logističke tvrtke i dobavljače i distributere već i njihove klijente poput industrijskih proizvođača.

Luke su se već postavile u opskrbeni lanac kao mjesto za zadovoljenje ponude i potražnje. Drugim riječima, one predstavljaju fizičku manifestaciju poslovnog modela platforme.

Iako je uobičajeno razmišljati tradicionalnim strateškim izrazima, strateška primjena ovog poslovnog modela nadilazi ove perspektive. Luke se moraju usredotočiti na ekosustav koji su stvorile, platformu, gdje se dvije strane sastaju kako bi stvorile vrijednost. U svijetu

platformi to često znači da dostupnost ponude s jedne strane tržišta utječe na opseg transakcija s druge strane tržišta. U kontekstu luke, poslovanje platforme zaobilazi tradicionalnu ravnotežu ponude i potražnje gdje je luka vlasnik zemljišta i pružatelj usluga kako za dolaznu tako i za odlaznu logistiku. Model lučke platforme predstavljale bi tri strane [16]:

- Opskrba - ova strana tržišta uključuje ulazne logističke tvrtke, vlasnike brodova, operatore terminala, pružatelje pomorskih usluga itd.
- Platforma - lučka uprava pruža fizičku/poslovnu platformu za zadovoljavanje ponude i potražnje.
- Potražnja - ova strana tržišta uključuje inozemne logističke tvrtke, proizvođače unutar i izvan luke te distributere koji žele dalje upoznati materijale i proizvode niz lanac vrijednosti.

## **4.2. Pametne tehnologije u pametnim lukama**

Tehnologije pametnih luka su digitalni sustavi s više dionika. Dionici u luci mogu koristiti ove tehnologije za rekonfiguriranje osnovnih funkcija i poboljšanje postojećih operacija, za reinženjering načina obavljanja posla, bez većih ulaganja u novu infrastrukturu i opremu. Sukladno tome, pregled tehnologija pametnih priključaka ne uključuje tradicionalne IT usluge, poput standardizacije podataka i integracije sustava, niti sustave kao što su sustavi automatizacije terminala koji služe samo jednom unosu [17].

Pametne tehnologije uključuju sustave koji podržavaju osnovnu infrastrukturu, kao i, na primjer, alate za rukovanje teretom, upravljanje prometom, bavljenje carinom, osiguravanje sigurnosti i praćenje potrošnje energije. Neki imaju koristi od raspona lučkih partnera, dok drugi podržavaju specifična partnerstva između, na primjer, lučke uprave i operatora terminala.

Pametne lučke tehnologije poboljšavaju rad svih lučkih partnera [17]:

- Infrastruktura - pametni senzori pomažu lučkim upravama i operatorima terminala da prate, rade i održavaju fizičku infrastrukturu i objekte kojima upravljaju. Senzori ugrađeni u zidove riva, ceste, željezničke pruge i mostove kada se grade mogu u stvarnom vremenu prenositi podatke o radnim uvjetima vozova i drugoj infrastrukturi. Ovako korišteni senzori mogu smanjiti potrebu za godišnjim pregledima i pružiti podatke koji pomažu vlasnicima da preciznije rasporede preventivno održavanje. Mnogi sustavi za nadzor zdravstvenog stanja temeljeni na sensorima koštaju djelić samih struktura, a to može značiti relativno brz povrat ulaganja u zemljama u kojima su troškovi rada visoki.
- Rukovanje teretom - pouzdani sustavi nadzora mogu osigurati da dizalice i ostali uređaji za rukovanje teretom rade s najvećom učinkovitošću i da se pravilno održavaju, pomažući operatorima terminala da se nose s povećanim količinama i poboljšavajući produktivnost. Povezana oprema za rukovanje teretom obavlja ovaj posao u stvarnom vremenu. Kontejnerski terminal u luci Valencia u Španjolskoj testira jednu takvu mrežu. "Crne kutije" koje su instalirane na 200 dizalica s nosačima, kamionima i viličarima u terminalu, prikupljajući informacije o mjestu, statusu rada i potrošnji energije. Sustav analizira



informacije u stvarnom vremenu i dijeli ih s osobljem terminala kako bi identificirao uska grla u radu i pokrenuo odgovarajuću akciju. Programeri prototipa procjenjuju da bi mogao uštedjeti do 10% operativnih troškova smanjenjem vremena praznog hoda opreme i minimaliziranjem potrošnje energije.

- Intermodalni promet - poboljšanje učinkovitosti kretanja tereta nije jedini cilj. Terminalima su također potrebne bolje mogućnosti za što brže usmjeravanje kamiona i vlakova kroz često zagušena područja. Sustavi za imenovanje terminala pružaju jedno rješenje koje omogućuje prijevoznicima da rezerviraju određeno vrijeme za napuštanje ili preuzimanje tereta. Rezervirajući vremenske termine unaprijed, sustavi za sastanke pomažu smanjiti vrijeme skretanja, smanjujući vrijeme koje kamioni provode začepljujući lučke magistralne ceste ili čekajući u praznom hodu i doprinose lošoj kvaliteti zraka. Luka Singapur testira sustav za nadzor prometa zasnovan na GPS-u koji prati kretanje kamiona, obavještava terminale kada se vozila približavaju ključnim objektima i pruža upute kako dalje. U drugoj aplikaciji, luka Hamburg testira ugrađene senzore za nadzor prometa duž glavnih lučkih cesta.
- Carina i dokumentacija - osim što učinkovitije premještaju teret, luke trebaju i bolji posao rukovanja informacijama o teretima i plaćanjima, uključujući obradu trgovačkih dozvola, uvoznih i izvoznih dozvola i carinjenja. Vodeće europske luke eksperimentiraju s blockchain tehnologijom kako bi smanjili troškove povezane s papirnatom dokumentacijom tereta i carinskim plaćanjima. Blockchain pohranjuje podatke na više lokacija, ubrzavajući procese i smanjujući rizik od neovlaštenog miješanja podataka. Blockchain se može koristiti za stvaranje evidencija skrbništva o neovlaštenim promjenama i zamjenu teretnica na papirnoj bazi, pomažući tako brodarima, brodskim linijama, lukama, terminalima i carinskim vlastima uštedjeti stotine dolara po kontejneru u troškovima rada i obrade. U Antwerpenu i Rotterdamu luke eksperimentiraju s blockchain tehnologijom za sigurnost kontejnera i praćenje tereta.
- Sigurnost i osiguranje - luke su dužne udovoljavati minimalnim razinama sigurnosti i zaštite objekata i imovine kojom upravljaju. Odgovorni su za nadgledanje fizičke infrastrukture i osiguravanje da samo osoblje s odgovarajućim odobrenjem dobije pristup ograničenim područjima. Među nizom pametnih tehnologija koje luke mogu usvojiti za poboljšanje sigurnosti jesu i nadzorni sustavi koji koriste naprednu video analitiku za otkrivanje upada na temelju kretanja i prepoznavanja uzoraka, a zatim upozoravaju sigurnosno osoblje na potencijalne prijetnje. Mnoge se luke nadograđuju sa ulaznih sustava, dodajući veću zaštitu zahtijevajući da se zaposlenici, vozači kamiona i posjetitelji prijavljuju putem sustava koji koriste umrežene biometrijske skenere. Kako bi se pozabavili sigurnošću radnika, luke instaliraju sustave zasnovane na sensorima koji provode sigurne radne postupke. Na primjer, koriste senzorske

mreže koje upozoravaju vozače kamiona koji putuju na području luke da ostanu unutar cestovnih linija. Slične mreže mogu održavati dizalice pravilno poravnanim tijekom utovara i istovara.

- Energija i okoliš - povezane tehnologije pomažu lukama da smanje potrošnju energije i otpada. Jedna od mogućnosti je sustav osvjetljenja terminala zasnovan na kretanju koji se pali samo kada su vozila u blizini. Prototip osvjetljenja osjetljivog na kretanje instaliranog na terminalu u luci Valencia smanjio je potrošnju energije za 80%, isplaćajući se za manje od dvije godine. Kako bi smanjila potrošnju energije, luka Hamburg postavlja sličnu pametnu rasvjetu na lučkim cestama. Neke luke koriste dronove kao jeftinu opciju za inspekciju opreme, patroliranje plovnim putovima zbog izlijevanja nafte i provjeru napretka čišćenja.

Mnogi su objekti usvojili jednu od tehnologija pametnih luka, ali vodeće luke, poput Hamburga, povezale su više pojedinačnih sustava u jedinstvenu međusobno povezanu platformu širom luke. Ova vrsta platforme integrira podatke iz izvora kao što su senzori, mobilni uređaji i baze podataka različitih dionika. Lučke uprave i njihovi dionici koriste platforme širom luke koje poboljšavaju unutarnje poslovanje i mogu u stvarnom vremenu prikupljati informacije o prometu u luci kako bi se smanjila uska grla na terminalnim vratima. Platforme s funkcijama geolokacije mogu točno odrediti dolazne kamione i optimizirati planiranje za promet kamiona [17].

Uz to, međusobno povezane platforme širom zajednice proizvode podatke koje luke mogu prodati kao nove usluge kupcima. Luke s podacima u stvarnom vremenu o kretanju kamiona u zaleđu, utovaru brodova i operacijama na terminalu mogle bi ponuditi "kasna vrata", što bi omogućilo prijevozniku da isporuči kontejner nakon uobičajenog radnog vremena, ako ga operacije mogu prilagoditi. Luke s prometnim informacijama u stvarnom vremenu mogu prodati podatke autotransportnim i logističkim tvrtkama koje žele optimizirati planiranje putovanja. Platforme širom luke mogle bi poslužiti kao temelj tržišta opreme za kupnju, prodaju i dijeljenje opreme.

Iako su uklonjeni iz svakodnevnog poslovanja, lučke vlasti odgovorne su za strateški razvoj luke. Ova im odgovornost daje središnju ulogu u koordinaciji dionika i njihovom okupljanju u pokretanju inovacija. Usvajanje platformi pametnih luka presudno je za kontinuirani uspjeh luka i sposobnost preskakanja konkurenata.

U razvoju globalne informacijske industrije, Internet stvari usko povezuje lučku opremu s raznim sudionicima i stvara goleme količine "protočnih" podataka. Spajanjem ovih podataka s analitikom velikih podataka, luke će postati inteligentnije i moći će brže i učinkovitije reagirati na nove događaje. U lučkim operacijama koristit će se inteligentniji terminali. Nadgledanje lučke sigurnosti i primitka dostave bez nadzora, prijevoz tereta bez vozača, automatizirani utovar i istovar i teretna plovila bez posade učinit će luke "bez nadzora" i pametnijima [14].

U budućnosti će luke intenzivno koristiti senzorske tehnologije, mobilnu opremu, video analizu, bežične RF tehnologije, dronove i tehnologije 3D ispisa. Više otkrića u mrežnom

pokrivanju, mrežnoj sigurnosti i energetske tehnologijama olakšat će primjenu novih tehnologija u raznim lučkim operacijama.

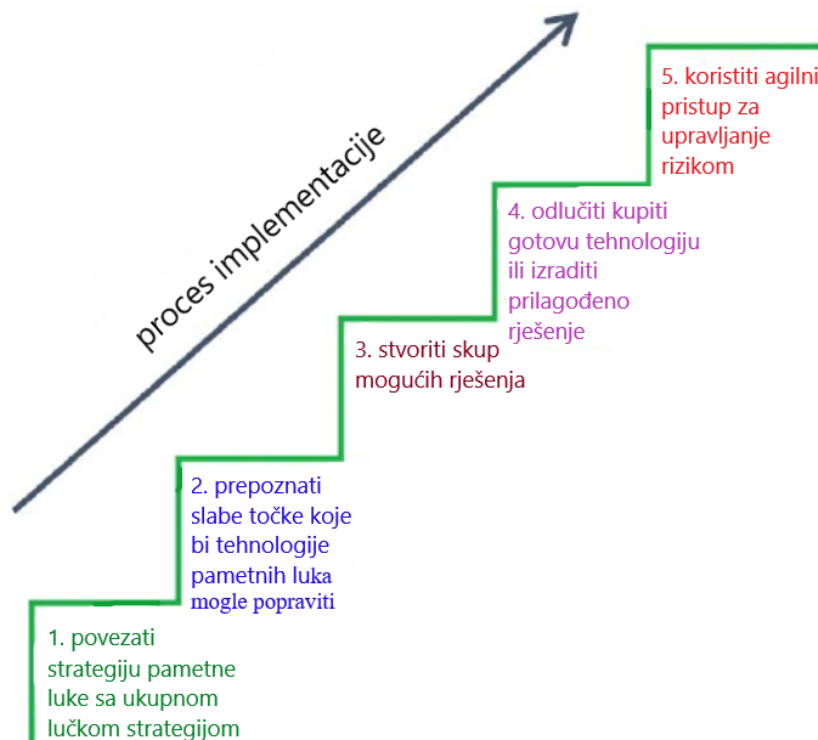
Slijedeća tablica, tablica 1. prikazuje šest pametnih tehnologija u lučkoj industriji, njihovu primjenu i vrijednost, te primjere korištenja tih tehnologija.

Tablica 1. Primjena pametnih tehnologija u lučkoj industriji [14]

Tehnologije	Primjena i vrijednost	Primjeri
Internet stvari	Prati fizičke logističke tokove, prikuplja i nadzire podatke, omogućuje inteligentno donošenje odluka, optimizira procese	Luka Hamburg koristi računarstvo u oblaku, mobilnu terminalnu opremu, Internet stvari i tehnologije velikih podataka za upravljanje lučkim područjem, parkiralištima, terminalom i cestama.  Inteligentni brodovi smanjuju potrošnju ulja i nadziru otpremanje.
Dronovi Kamioni bez vozača Brodovi bez posade	Uklanja ili smanjuje operacije s posadom, poboljšava učinkovitost i sigurnost prijevoza	Luke koriste dronove za nadzor istovara; brodovi koriste dronove za dostavu papirnatih dokumenata.  Starship Technologies u Londonu testira svoje revolucionarne samovozeće robote za dostavu.
Roboti	Poduzima standardizirane postupke temeljene na procesu kako bi poboljšali učinkovitost	Amazon koristi robote u svojim skladištima za upravljanje i isporuku robe.
Tehnologije 3D ispisa	Masovnu proizvodnju pretvara u prilagođenu i distribuiranu proizvodnju	Luka Rotterdam koristi tehnologije 3D ispisa za podršku održavanju i popravku dijelova i pribora.
Big data	Pružna analizu podataka i uvide, prepoznaje priliku i rizik te maksimizira učinkovitost	Pomorska i lučka uprava Singapura integrira podatke u stvarnom vremenu putem jedinstvene platforme, koristeći agregacijsku analizu, analizu anomalija i rudarenje podataka kako bi razvila alate za nadzor prijevoza, te nadzirala i otkrivala anomalije plovidbe kako bi poboljšala sigurnost luke.  Kroz svoj program dinamičkog upravljanja procesima Damco Dynamic Flow Control, Damco analizira i optimizira podatke o lancu opskrbe, smanjuje vrijeme i troškove logistike i pojednostavljuje procese.
Računalni oblak	Izgrađuje lučke zajednice, olakšava proces dogovora	Trucker Path i Cargomatic pokrenuli su aplikacije kako bi olakšali sklapanje dogovora, smanjili neaktivan prijevoz i poboljšali učinkovitost prijevoza.

### 4.3. Implementacija rješenja pametnih luka

Tržište je preplavljeno tehnologijama pametnih luka. Iako se mnoge tehnologije čine univerzalno primjenjivima, luke su jedinstvene. Stoga je presudno odabrati alate koji pružaju najveću vrijednost za ulaganje. Da bi maksimizirali povrat, investitori bi se trebali usredotočiti na ograničeni podskup aplikacija. Preporučuje se poduzimanje sljedećih radnji, prikazanih na slici 6., koje mogu pojasniti koje pametne lučke tehnologije odabrati i kako ih primijeniti uz najmanji rizik.



Slika 6. Koraci za implementaciju tehnologije pametne luke [12]

#### 4.3.1. Povezivanje strategije pametne luke sa strategijom razvoja luke

Tehnološka strategija ne postoji u balonu. Nadogradnja mora biti povezana s većom strategijom i ciljevima luke, bez obzira uključuju li ti ciljevi pronalaženje dodatnih kapaciteta u postojećoj imovini, smanjenje operativnih troškova radi poboljšanja rezultata, povećanje tržišnog udjela koji je pogodniji od susjednih luka ili korištenje usluga temeljenih na podacima za ostvarivanje dodatnih prihoda. Budući da tehnološki plan pametnih luka mora biti čvrsto povezan s većom strategijom, vrhovni menadžment mora predvoditi napor, umjesto da ga delegira šefu lučke tehnologije ili IT odjelu [17].

Luke koje još nisu zacrtale sveobuhvatnu strategiju mogu je stvoriti usporedbom performansi s konkurentima, analizom poslovanja i tržišnog udjela. Ovaj bi postupak trebao uključivati ispitivanje takvih ključnih parametara kao što su ukupni troškovi iskrcavanja za trgovinu, ukupni troškovi lučkih poziva za brodske linije, tarife, produktivnost plovila, operativni troškovi i troškovi kopna. Mjerila se mogu primijeniti za usporedbu ukupnih troškova premještanja kontejnera, uključujući troškove poziva broda, rukovanja teretom, skladištenja i prijevoza sa kopna. Ako usporedba pokaže da troškovi rukovanja teretom

povećavaju ukupne troškove kontejnera, luka bi mogla usvojiti tehnologiju za poboljšanje produktivnosti rukovanja teretom. Ako je glavna razlika u višim troškovima skladištenja ili prijevoza sa kopna, najveći povrat mogao bi doći dodavanjem tehnologije koja poboljšava zagušenost terminala ili vrijeme čekanja i okretanja kamiona.

Uz prikupljanje podataka i modeliranje ekonomskih pokretača, luke mogu tražiti od partnera da opišu probleme za koje misle da bi ih trebalo riješiti. Prikupljanje kvantitativnih i kvalitativnih podataka oduzima puno vremena, ali rezultat može biti ukupna strategija i napori pametnih luka koji vode u pravom smjeru.

#### **4.3.2. Identifikacija slabih točaka**

Nakon identificiranja područja koja trebaju poboljšanje, potrebno je odrediti izvore problema i praznine. Većina problema su ili strukturni, koji se odnose na neku fizičku operaciju, ili bihevioralni, uzrokovani preferencijama korisnika luka da rade stvari na određene načine [17].

Većina strukturnih problema povezana je s neučinkovitim rukovanjem tereta. Da bi razotkrili strukturne probleme, luke moraju odrediti kako su postavljeni postojeći procesi. Takvi dijagnostički alati kao što su studije vremena i kretanja, analize uskih grla i analize kvarova u procesu mogu otkriti strukturne neučinkovitosti i potaknuti ideje za njihovo uklanjanje implementacijom tehnologija pametnih luka.

Na primjer, zagušenja u prometu izvan luke mogu proizaći iz loše koordinacije kamiona koji dolaze da ostave ili preuzmu kontejnere i zbog dostupnosti tereta koji će kamioni utovarivati ili iskrcevati. Luke mogu prevladati probleme u ponašanju pružajući sredstva i poticaje koji potiču korisnike luka da djeluju drugačije. U okruženju s mnogo korisnika, usklađivanje ponašanja ljudi s lučkim ciljevima može poboljšati operativnu učinkovitost.

Etnografska istraživanja, koja istražuju rad iz pozicije različitih korisnika luka, mogu identificirati probleme u ponašanju. Ovo istraživanje uključuje komunikaciju s tradicionalnim lučkim kupcima kao što su brodske linije i vlasnici tereta, kao i logističkim tvrtkama i prijevoznicima. Intervjui, ankete i promatranja iz prve ruke mogu pomoći planerima da razumiju percepciju korisnika luka o problematičnim mjestima i njihove postupke.

Nakon što se utvrde problemi, luke ih trebaju odrediti kao prioritet i utvrditi koji bi se problemi mogli riješiti pomoću tehnologija pametnih luka. Da bi odlučili s kojim se problemom prvo pozabaviti, luke bi trebale identificirati onaj za koji je realno očekivati rješenje, odrediti kolika bi se vrijednost stvorila njegovim rješavanjem i procijeniti koliko je rješenje usklađeno s vizijom pametnih luka i strateškim ciljevima.

#### **4.3.3. Kreiranje ili stvaranje skupa mogućih rješenja**

Nakon identificiranja temeljnih strukturnih problema i ponašanja, luke bi trebale istražiti dostupne tehnologije pametnih luka koje bi ih mogle popraviti. Obilje mogućnosti znači da postoji više mogućnosti za rješavanje svakog problema. Kako bi se smanjila gužva u prometu kamiona, luke bi mogle instalirati fiksne senzore za cestu koji prikupljaju i dijele informacije o protoku prometa u stvarnom vremenu i mogu se koristiti za optimizaciju algoritama. Alternativno, mogli bi pratiti gdje se nalaze pojedinačni kamioni, koristeći sustav koji hvata

GPS signale s mobilnih uređaja vozača i ima te algoritme za unos podataka. Obje opcije imaju različite prednosti i nedostatke koje treba procijeniti i testirati kako bi se utvrdilo koji bi pristup najbolje odgovarao u određenoj situaciji [17].

Sljedeći je primjer postojeća tehnologija prepoznavanja registarskih tablica koja automatski prepoznaje kamione dok prolaze kroz vrata luke ili terminala. Takva tehnologija naširoko se koristi u Europi i SAD-u, ali nije najbolje rješenje za druge regije, uključujući Indiju, gdje pojedine države koriste različite vrste registarskih oznaka, a kamioni koji prevoze robu između luka redovito prelaze državne granice. U takvim bi situacijama RFID oznake bile bolje rješenje.

Istražujući dostupna tehnološka rješenja pametnih luka, luke bi trebale vidjeti što su druge luke učinile za rješavanje sličnih problema. Morali bi, međutim, biti svjesni da, jer svaka luka ima svoje operativne modele i izazove, rješenja koja rade za jednu možda neće raditi za drugu luku.

Da bi se povećala šansa za postizanje željenog ishoda, luka bi trebala stvoriti skup rješenja koja rješavaju povezane probleme. Luka Hamburg razmatra više rješenja za rješavanje zagušenja na cestama, uključujući projekt virtualnog skladišta kako bi se smanjio broj puta koji kamioni premještaju prazne kontejnere, i pomoću senzora za mjerenje i pružanje podataka o protoku prometa i uvjetima u stvarnom vremenu.

#### **4.3.4. Odlučivanje o kupnji gotovih tehnologija ili prilagođenim rješenjima**

Nakon odluke o rješavanju problema, kako im pristupiti i koje bi tehnologije mogle pomoći, luka mora utvrditi ispunjavaju li gotova tehnološka rješenja svoje ciljeve ili razvijanje sustava unutar tvrtke ili uz pomoć vanjskog partnera je najbolji put. U mnogim je situacijama postojeća tehnologija najbrža opcija, posebno za manje tehnološki napredne luke. Ali postoje kompromisi, uključujući ograničenja onoga što gotovi sustavi mogu učiniti i koliko se dobro mogu integrirati u postojeće lučke aplikacije. Također, budući da su gotova rješenja široko dostupna, konkurenti mogu koristiti iste sustave [17].

Da bi stekle konkurentsku prednost, luke mogu surađivati s dobavljačima tehnologije i savjetnicima na razvoju vlastite tehnologije. Stvaranje prilagođenog rješenja ne znači nužno pisanje koda ispočetka. Moguće je prilagoditi gotove aplikacije na način koji odgovara jedinstvenoj situaciji u luci, ali je konkurentima teško replicirati. Prilikom odlučivanja koje će se pametne lučke tehnologije graditi, a ne kupovati, luka bi trebala dati prednost sustavima koji je izdvajaju od konkurencije, štedeći gotove sustave za manje kritična rješenja. Nabava ili udruživanje s malim digitalnim startupima također može biti opcija. Rotterdam i Singapur su među vodećim svjetskim lukama koje su zauzele takav pristup.

#### **4.3.5. Korištenje agilnog pristupa za upravljanje rizikom**

Usvajanje bilo koje vrste tehnologije pametnih luka uključuje rizik. Softver može biti prisluškivan. Jednom instaliran, možda neće funkcionirati kako se očekivalo ili bi se predviđeni korisnici mogli oduprijeti prelasku na novi sustav. Instaliranje može koštati više od očekivanog, a možda neće uspjeti ostvariti očekivani povrat ulaganja kako se očekuje. Implementacija tehnologija pametnih luka poput senzorskih mreža, automatiziranih terminala i sustava

imenovanja skupa je, složena i remetilačka, čemu u prilog idu i iskustva više luka čija nadogradnja tehnologije nije mogla odgovarati razini produktivnosti postojećih sustava nakon puštanja u pogon. Kako bi se rizik sveo na najmanju moguću mjeru, luke bi trebale uvoditi nove sustave u fazama, dogovarajući se da nakon svakog koraka donose formalnu odluku o nastavku implementacije. Dobro je prvo testirati najrizičniji aspekt rješenja. Ako uspije, dobar je pokazatelj da se mogu riješiti svi dodatni rizici, što čini sigurnim prijelaz na sljedeću fazu [17].

Drugi način za smanjenje rizika je korištenje koncepta minimalno održivog proizvoda za izradu najmanje moguće verzije rješenja i njegovo testiranje u stvarnom vremenu prije dodavanja značajki ili korisnika. Mala testna verzija također može testirati spremnost potencijalnih korisnika da usvoje rješenje i, eksperimentirajući s korisničkim poticajima, može naznačiti što najbolje djeluje. Mala testna verzija omogućuje testiranje rješenja u stvarnom vremenu i osiguravanje da je sve potrebno za ispravno funkcioniranje sustava ili usluge.

## 5. PRIMJENA IoT KONCEPTA U LUČKOM SUSTAVU

Pametna luka može se definirati kao potpuno automatizirana luka u kojem su svi uređaji povezani putem takozvanog Interneta stvari. Mreža pametnih senzora i aktuatora, bežičnih uređaja i podatkovnih centara čine ključnu infrastrukturu pametne luke, koja lučkim vlastima omogućuje brže i učinkovitije pružanje osnovnih usluga. Glavni pokretači pametnih luka su povećanje produktivnosti i učinkovitosti. Razni senzori poput inercijskih senzora, ultrazvučnih senzora, senzora vrtložnih struja, radara, lidara, slikovnih senzora i RFID čitača i oznaka koriste se za prikupljanje potrebnih podataka kako bi se luka transformirala u pametnu luku [18].

Senzorska tehnologija omogućuje objektima "percepciju"; RFID tehnologija tjera ih da "govore"; M2M (Machine to Machine) dopušta im da se "razmjenjuju"; i konačno, IoT je omogućio da se svi objekti na svijetu međusobno povežu. Dakle, oprema za rukovanje, brodovi, kontejneri, vozila i instrumenti, koji su široko rasprostranjeni u globalnim lukama, povezani su s ovom mrežom. IoT, proširujući ljudska osjetila i prikupljajući izravno poslovne podatke s operativnog terminala u lukama, može eliminirati pogreške ručnog prikupljanja, poboljšati učinkovitost prikupljanja i odmah ih dostaviti u svaki kutak svijeta putem Interneta [19].

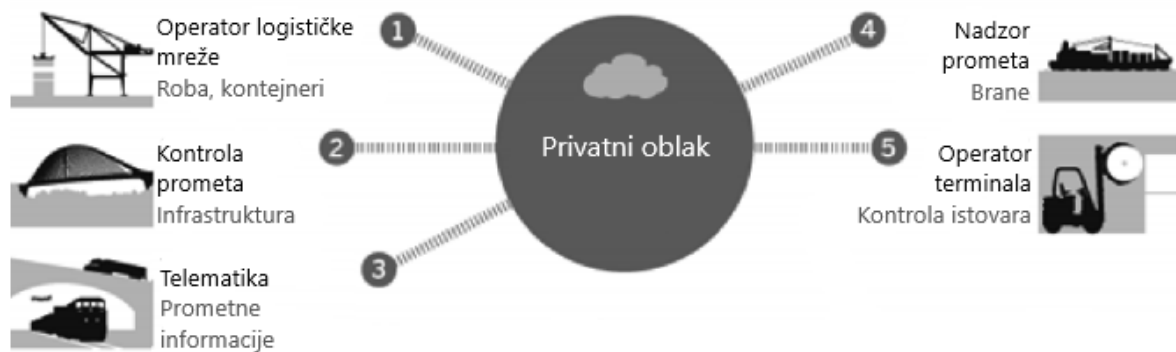
Razvojem međunarodne trgovine i globalizacije moguće je uočiti tendenciju povećanja prometa i tereta, pa su brojne luke bile primorane prihvatiti promjene u prometnom sektoru i okrenuti se učinkovitijim praksama uvođenjem Interneta stvari u vlastitim lukama. Glavni cilj digitalizacije je ubrzati poslovne procese, ali i smanjiti onečišćenje okoliša što se sve više regulira "zelenim zakonima". Najočitija korist IoT povezivanja leži u tome kako može transformirati svakodnevne operacije na vodi, u luci i kao dio šire logističke mreže: mogu se točno odrediti problemi, smanjiti zastoji i usmjeriti procesi, mijenjajući lice lučke industrije kakvu poznajemo [20].

### 5.1. Opći predložak IoT-a u pametnim lukama

Uspješna provedba IoT lučkih procesa zahtijeva snažnu povezanost i sudjelovanje svih dionika, kao i konkurentnih tvrtki iz opskrbnog lanca za zajednička ulaganja u IoT infrastrukturu. Stoga je potrebno ulagati u modele M2M i V2V (Vehicle to Vehicle). M2M se odnosi na komunikaciju između dva uređaja s ugrađenim procesorima, pametnim sensorima, upravljačkim programima i mobilnim uređajima. Preduvjet za funkcioniranje ova dva modela je komunikacija putem Interneta u jedinstvenoj, zajedničkoj, inteligentnoj IoT mreži. Korištenje M2M komunikacije raste sve brže i brže. Cilj je automatizirati i povećati učinkovitost pojedinih procesa, sustava ili složenih uređaja. Temelj ovog modela je prikupljanje podataka, prijenos podataka kroz komunikacijsku mrežu, obrada podataka i odgovor na odgovarajuće informacije. Na taj se način osigurava dostupnost informacija na pravom mjestu za one korisnike kojima su najpotrebnije kako bi donijeli optimalne odluke. Ovaj će model sigurno utjecati na proizvodni proces, komunikaciju i razmjenu robe, kako na lokalnoj tako i na globalnoj razini [21].

Opći predložak upotrebe IoT-a u luci prikazan je na slici 7. To je primjer načina na koji upotreba IoT-a može pridonijeti razvoju luke i cijelom lancu opskrbe.





Slika 7. Opći predložak IoT-a u pametnoj luci [21]

Opcije s IoT-om u lukama i otpremi su sljedeće [21]:

- potpuno automatizirani lučki terminal
- drastično niži operativni troškovi/rad
- autonomne dizalice za utovar/istovar kontejnera
- autonomna vozila za prijevoz kontejnera
- GPS praćenje i upravljanje teretom
- bolja zaštita skupe robe
- komunikacija s drugim vozilima u opskrbnom lancu (kamionima, teretnim željezničkim vozilima itd.)
- video nadzor luke / pristaništa
- omogućiti mobilne aplikacije lučkim radnicima za povećanje produktivnosti i poboljšanje poslovanja
- udovoljavati strogim propisima brodske industrije

M2M pruža nadzor u realnom vremenu vozila, kontejnera, tereta, broda i postupka carinjenja, te na kraju mogućnost inteligentnog i vizualnog formiranja cjelokupnog procesa pomoću sustava za nadzor vizualizacije. Jedinostveni sustav za standardizaciju podataka i sustav razmjene podataka izgrađeni su za obavljanje poslovnih kartona i analizu podataka. Uzimajući IoT tehnologiju kao osnovnu infrastrukturu, pomoću tehnologija kao što su RFID, senzori, WSN, bežična komunikacija, računarstvo u oblaku, 3D virtualna stvarnost, može se postići brzi automatski nadzor, prikupljanje i praćenje kontejnera, transportnih vozila i robe, kako bi se omogućilo umrežavanje informacija i razmjena podataka u stvarnom vremenu u lukama, dvorištima, skladištima, carinama, teretima i kako bi se oblikovalo inteligentno upravljanje protokom prometa, logistikom i protokom informacija.

Drugi model koji je usko povezan s M2M je V2V. V2V je novi koncept koji još uvijek zahtijeva puno istraživanja. U ovom slučaju, vozila djeluju kao čvor u mreži i međusobno komuniciraju pomoću senzora koji su povezani u ad-hoc mreže. Ovo je relativno nova mrežna tehnologija kojom vozila neprestano šalju podatke o svom trenutnom položaju, brzini i smjeru kretanja. Na taj se način nastoji značajno smanjiti mogućnost prometnih nesreća. V2V standard

temelji se na protokolu koji je vrlo sličan Wi-Fi mreži, GPS tehnologiji i senzorima koji imaju uvid u automobile i otkrivaju svako okretanje, kočenje i druga kretanja vozila. Mrežna infrastruktura V2V prilično je složena i nema fiksnu topologiju koju treba slijediti kako bi se vozila premještala s jednog mjesta na drugo. Dvije su vrste komunikacije: komunikacija između dva vozila i komunikacija između vozila i komunikacijskog centra. Što se tiče razvoja mreže opskrbnog lanca, posebna se važnost daje komunikaciji između vozila i komunikacijskog centra, koja bi uštedjela vrijeme isporuke i pronašla nova distribucijska rješenja.

## 5.2. IoT tehnologije za razvoj pametnih luka

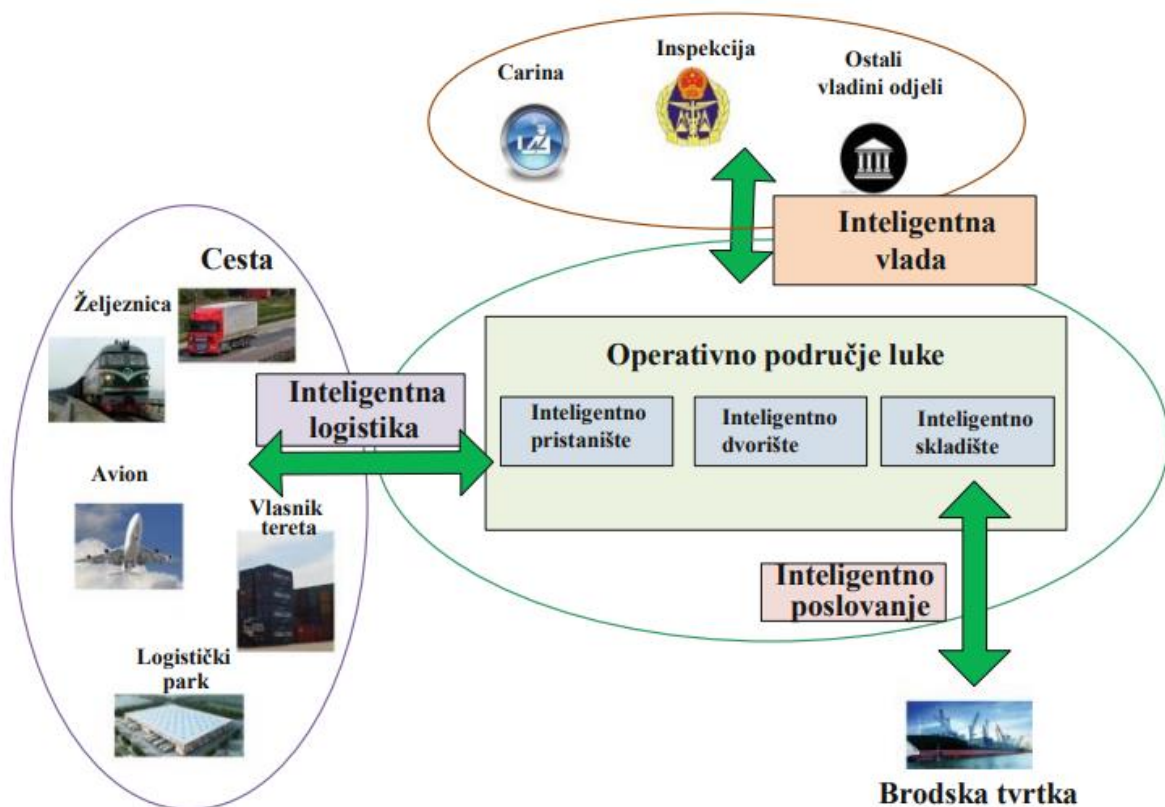
Mnoge ključne tehnologije i proizvodi IoT-a potrebni su za izgradnju pametnih luka, čiji se zahtjevi za performansama, poput visoke sigurnosti, visoke pouzdanosti, visoke stope prepoznavanja i visoke stabilnosti, iznose, a to su [19]:

- Senzor, vrsta uređaja za otkrivanje, može osjetiti podatke koje treba izmjeriti i pretvoriti ih u električni signal ili drugi oblik prema određenim pravilima kako bi udovoljio zahtjevima prijenosa, obrade, pohrane, prikaza, snimanja i upravljanja. Primarna je veza za postizanje automatskog otkrivanja i automatske kontrole. Može otkriti, osjetiti vanjski signal, fizičke uvjete (poput svjetlosti, topline, vlage, tlaka) ili kemijski sastav (npr. dim), te im prenositi gornji sloj IoT-a informacijsko komunikacijskim tehnologijama. Senzor, odgovoran za prikupljanje IoT informacija, nije samo osnova percepcije stvarnog svijeta, već i usluge i aplikacije IoT-a.
- RFID tehnologija (RFID oznaka i čitač), vrsta beskontaktna automatske identifikacije i bežične komunikacijske tehnologije kratkog dometa, može automatski identificirati predmete i pristupiti relevantnim podacima putem RF signala. Pasivna je, niske cijene, nova tehnologija koja ponovno mijenja način maloprodaje, logistike i praćenja proizvoda, slijedeći tehnologiju bar koda. RFID je tehnologija koja omogućuje stavkama da "govore". RFID oznake pohranjuju normativne informacije koje se mogu automatski prikupiti putem bežične komunikacijske mreže podataka do središnjeg informacijskog sustava, radi postizanja identifikacije robe (proizvoda), a zatim radi razmjene i dijeljenja informacija putem otvorene računalne mreže.
- WSN, kombinirajući senzori, ugrađeni sustavi, umrežavanje i bežične komunikacije, distribuirana tehnologija obrade podataka itd. mogu zajednički pratiti, percipirati i prikupljati informacije o okolišu i nadzirati predmete putem različitih integriranih mikrosenzora i obrađivati informacije putem ugrađenog sustava, a zatim prenositi informacije na korisnički terminal slučajnim samoorganiziranim bežičnim komunikacijskim mrežama, kako bi se ostvarilo "sveprisutno računanje".
- Tehnologija mrežne komunikacije kroz senzor, podijeljena u dvije kategorije: komunikacija kratkog dometa (IEEE 502.15.4 i 2,4 Ghz) i WAN komunikacija (IPv6, 2G / 3G / 4G mobilne komunikacije, satelitska komunikacijska tehnologija), mogu pružiti prijenosni kanal za IoT podatke. Sljedeća generacija

internetske tehnologije, IPv6, može dodijeliti IP adresu svakom senzoru kako bi stvorila dobre temelje za razvoj IoT-a.

- M2M se odnosi na slanje podataka s jednog terminala (stroja) na drugi. M2M je općenita tehnologija za poboljšanje opće komunikacijske tehnologije strojeva i opreme i mrežnih mogućnosti.
- Terminal za vozilo može se koristiti za pametno dvorište, inteligentno skladište i velika vozila poput kontejnerskih kamiona i viljuškara. Može prenositi RFID informacije o vozilu ili teretu u centar za nadzor putem bežične komunikacije 3G ili WiFi kratkog dometa, kako bi se postigla svrha praćenja u stvarnom vremenu.
- Ručni mobilni terminal može se koristiti za luku pametnih kartica, pametno dvorište, inteligentno skladište i centar za carinski nadzor, kako bi se postiglo daljinsko video i podatkovno praćenje prijevoza i tereta.

Prema procesu rada i dijelovima luka, dijelovi konstrukcije pametnih luka prikazani su na slici 8. Dijelovi koji počivaju na IoT tehnologiji jesu: inteligentno pristanište, inteligentno dvorište, inteligentna logistika.



Slika 8. Prikaz dijelova pametnih luka [22]

### 5.2.1. Inteligentno pristanište

Pilotažni posao, koji je povezan s brodarstvom, pilotom i drugim stvarima, mora se baviti brodskim pilot planom i poslovnim sadržajem. Tegljač, kao glavno tijelo pilota otpreme inteligentnog terminala, može ostvariti inteligentnu navigaciju, dinamičko planiranje puta i

autonomno, sigurnosno izbjegavanje prepreka u svim vremenskim uvjetima putem tehnologije Interneta stvari. Lokacija i praćenje tegljača u stvarnom vremenu osnova su inteligentnog rasporeda. Međutim, trenutno se pilot i uprava tegljača oslanjaju na određenu baznu stanicu na obali, čiji je dolet pilota ograničen. Ovdje se primjenjuje svemirska uskopojasna mreža u upravljanju tegljačem. Podaci o položaju broda i tegljača šalju se u zemaljsku stanicu radi ostvarivanja nadzora. Uskopojasni satelitski konstelacijski sustav ima prepoznatljive značajke širokog pokrivanja, male potrošnje energije i niske cijene [22].

Operacije utovara i istovara kontejnera glavna su funkcija pristaništa. Glavni problemi rukovanja pristaništem su niska radna učinkovitost, niska pouzdanost i niska točnost pozicioniranja pokretnih uređaja. Kako bismo se pozabavili tim problemima, primjenjujemo tehnologiju Interneta stvari kako bismo u nju unijeli inteligenciju.

Prema funkciji rada pristaništa, pristanište se može približno podijeliti u dva dijela kao [22]:

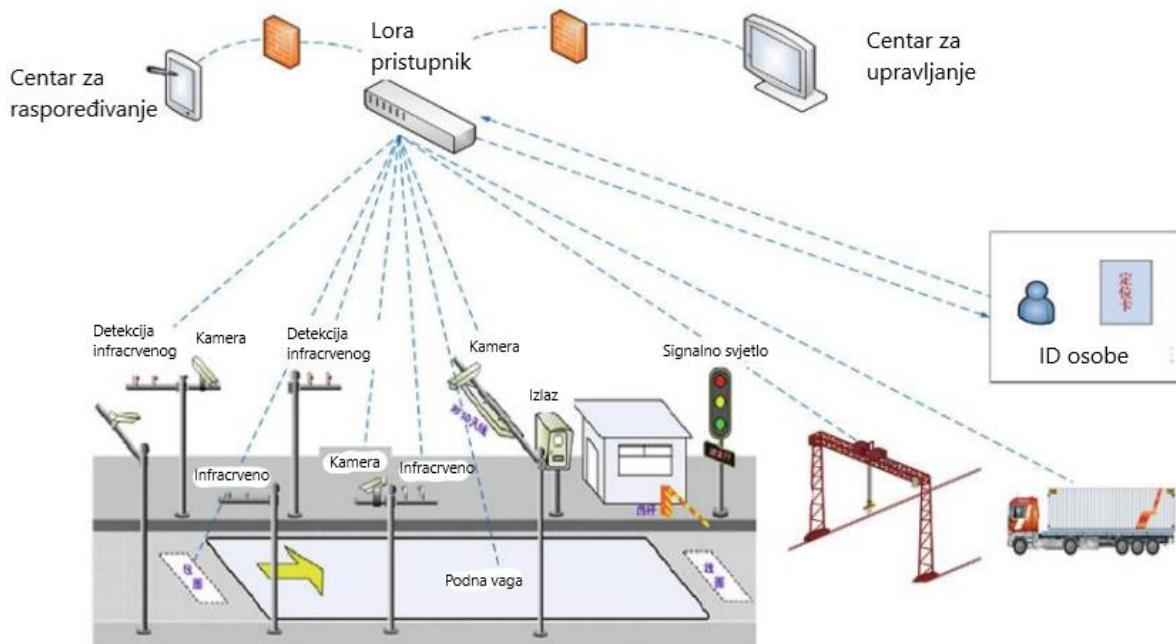
- Područje za utovar/istovar - budući da postupak utovara/istovara uglavnom koristi veliku strojnu opremu poput portalnih dizalica i mostovnih dizalica, precizno poravnanje i kalibracija vrlo su važni u procesu rada. Koristi se tehnologija diferencijalnog pozicioniranja za precizno lociranje opreme za utovar/istovar, a za pomoć pri pozicioniranju koristi se sustav skeniranja ciljanog položaja. Sustav se temelji na laserskom dometu, koji skenira kabine i teret, i prepoznaje lokacije kabine i operativne granice. Može automatski prepoznati položaj kabine, raspodjelu spremnika i zatim odrediti strategiju utovara / istovara.
- Mobilno područje rada - na pristaništima su glavni uređaji u pokretnom radnom području dizalice za gume, AGV itd. Uz precizno pozicioniranje moguće je u stvarnom vremenu znati radni status uređaja, kao i sigurnost opreme i osoblja na gradilištu. Trenutno pozicioniranje mobilnih uređaja uglavnom ovisi o konvencionalnoj GPS tehnologiji ili magnetskoj navigaciji i RFID-u, koji ima malu točnost i na njega lako utječe okoliš te ne može dobro raditi u korozivnom okruženju luka. Stoga postoji DGPS antena koja je instalirana na dizalici za primanje diferencijalnih GPS signala i pozicioniranje. Dva GPS prijammnika ugrađena su na krovni nosač, a zatim se može povući crta za dobivanje podataka o upravljanju posipačem, koji mogu automatski ispraviti vozilo. Štoviše, koristi se milimetarski val koji traži milimetarski radar koji može primiti reflektirajući i zračni signal objekta. Navedene tehnologije široko se koriste u vojnoj primjeni, i mogu jamčiti pouzdanost i preciznost rada. Na taj način pozicioniranje i navigacija pokretnih uređaja mogu raditi cjelodnevno i u svim vremenskim uvjetima.

### **5.2.2. Inteligentno dvorište**

Dvorište je prijelazni dio između pristaništa i skladišta u luci. Stoga ovaj dio uključuje veliku količinu podataka povezanih s informacijama o opremi i radu i zahtijeva izvrsne

performanse u stvarnom vremenu. Ovdje gradimo IoT dvorište temeljeno na Lora tehnologiji za inteligentno upravljanje dvorištem [22].

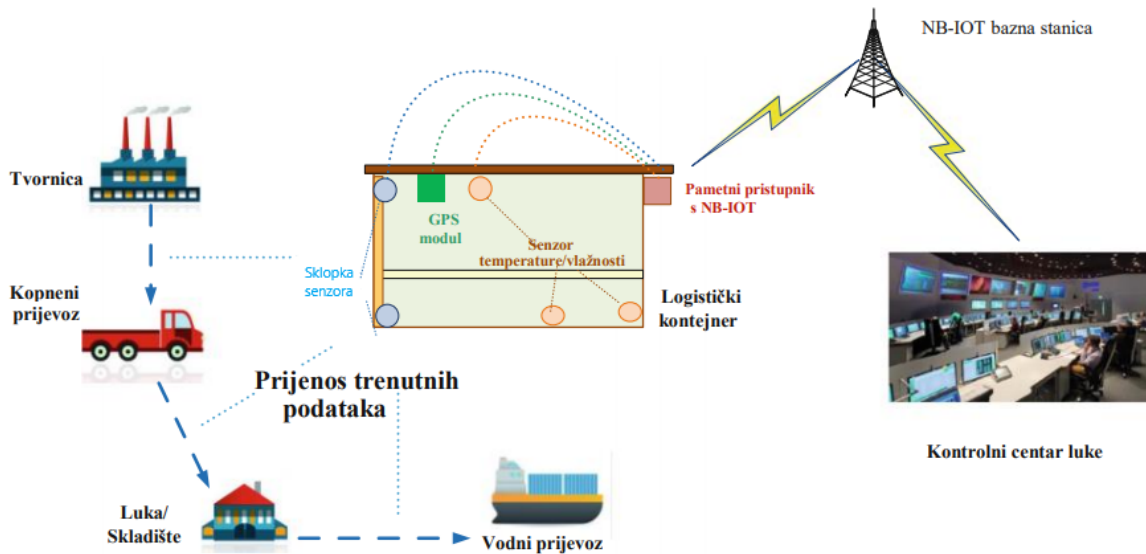
Kao što je prikazano na slici 9, koristi se ID-pozicioniranje osoblja za provođenje provjere identiteta osoblja i nadzora pozicioniranja u stvarnom vremenu u operativnom području. Može se automatski identificirati osoblje i zaštititi ga od opasnog radnog okruženja. Podaci će se prenositi u sustav upravljanja osobljem i sigurnosnu platformu. Putem GPS-a, RFID-a, kamera i infracrvenog senzora, kontejner se može inteligentno identificirati s mjestom i brojem, koji će se koristiti u logističkom sustavu i sustavu državnih poslova.



Slika 9. IoT dvorište temeljeno na Lora tehnologiji [22]

### 5.2.3. Inteligentna logistika

Da bismo ostvarili inteligentno upravljanje lučkim informacijama, primjenjujemo tehnologiju NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) za praćenje logističkog procesa i prikupljanje podataka. Kontejneri su glavni nosači u lučkoj logistici, pa u njih integriramo razne senzore, poput GPS modula, temperaturnog senzora, senzora vlage i tako dalje. Sve informacije o sensorima prikupljaju se u ulaznom dijelu kontejnera i šalju se na logističku platformu putem mreže NB-IOT, kao što je prikazano na slici 10. Tada se putanja transportnog procesa može prikazati putem GIS platforme [22].



Slika 10. Prikaz praćenja logističkog procesa [22]

Na temelju prikupljanja logističkih i operativnih informacija s Interneta stvari (uski svemirski širokopojasni pristup, lokalni Internet stvari, itd.) uspostavlja se mehanizam za razmjenu informacija i platforma za velike podatke. Platforma će integrirati brodske informacije, lučke podatke, lučki nadzor i informacijske resurse o pružanju javnih i prilagođenih usluga svim sudionicima.

Uz to, DLT (distributed ledger technology) temeljen na blockchainu može drastično promijeniti terminale i lučku industriju. DLT aplikacija započela je prvo 2009. godine pojavom Bitcoina u financijskoj službi, a zatim se proširila na razna druga područja. DLT omogućuje distribuciju višestranačkih usluga u stvarnom vremenu, digitalne račune za iskrcaj i odobrenja za pisma, interakciju M2M i vidljivost imovine i obveza. Kombinirajući DLT s IoT, strojevi mogu poslovati sa strojevima. Blockchain gura automatizaciju na sljedeću razinu.

### 5.3. Sigurnosni izazovi

U lukama se zahtijeva odgovarajuća razina sigurnosti s obzirom na objekte i imovinu koju koriste. Stoga bi trebalo nadzirati infrastrukturu i pristup ograničenim područjima. Glavna briga usmjerena je na posljedice, sigurnost sustava i moguća rješenja nakon napada koji se javljaju sve češće s povećanjem broja uređaja.

Cilj IoT-a je olakšavanje planiranja i upravljanja poslovnim procesima uvođenjem suvremenih informacijskih tehnologija. Preventivni sigurnosni mehanizmi potrebni su kako bi se osigurala cjelokupna mreža implementirana protokolom kao što su: upravljanje identitetnim uređajima, ulazak i kontrola pristupa i nadzora uređaja.

Prijetnje i posljedice IoT-a razvrstane su u četiri kategorije [20]:

- Temeljene na aplikaciji - Svaka luka trebala bi imati nadzorne kamere kao jednu od sigurnosnih mjera koje bi trebale biti postavljene na položaj s maksimalnim pokrivanjem. No, u slučaju provale, kamera ne može pružiti

detaljne informacije o metodi ili mehanizmu krađe ili zlouporabe podataka. Stoga su, kako bi se olakšala zaštita podataka, potrebne dodatne studije i metode. Potrebne su naprednije IoT kamere koje bi spriječile štetne posljedice i trebale bi biti opremljene inteligentnim sensorima koji se temelje na oblaku, poput senzora osjetljivih na toplinu.

- Temeljene na vezi - Povezivanje stvari s Internetom temelji se na IP mreži i ako se njegova sigurnost pomno ne nadgleda, cijela IoT mreža može biti ugrožena.
- Temeljene na platformi - Bežična senzorska mreža ima probleme koje treba riješiti, a koji se sastoje od aplikacija poput komunikacijskih platformi, sigurnosti i upravljanja. Kao i kod problema s povezivanjem, i kod komunikacijske platforme postoji problem - što je više povezanih uređaja, to je više mogućih napada.
- Ostali oblici napada - Kombiniranje prijetnji zasnovanih na aplikacijama i platformama daje isprepletenu silu izazova zbog kojih je cijelo sigurnosno tlo oslabljeno, pa je ugroženo pravilno napredovanje IoT aplikacija.

Posljedice nezaštićenog IoT-a pokazuju primjeri u nekoliko luka. Jedna od vodećih morskih luka u usvajanju i provedbi sigurnosnih mjera IoT-a je luka Rotterdam. Luka se sve više okreće pametnoj digitalizaciji i IBM tehnologiji zasnovanoj na oblaku. Budući da je Rotterdam najveća luka u Europi, svake godine broji 140 000 brodskih poziva. Svaki brodski poziv složen je zadatak, a uz pomoć IoT-a moguće je sigurno upravljati procesima koji uključuju dolazak i odlazak broda. Naime, moguće je stvoriti digitalno zblježavanje koje pokriva sve resurse u Rotterdamu, omogućavajući praćenje kretanja brodova, infrastrukturu, vremenske podatke, dubinu vode i zemljopisne podatke sa 100% preciznošću. Uz sve beneficije koje IoT pruža luci Rotterdam, postoje neke zabrinutosti oko potencijalnog rizika povezanog sustava [20].

U 2017. godini dogodio se cyber napad, s velikim utjecajem na lučke operacije, posebno na kontejnerskom terminalu. Nekoliko tjedana popravaka i poboljšanja bilo je potrebno kako bi se u funkciju uključili ATM (Asynchronous Transfer Mode) sustavi. Nezaposlene dizalice i kamioni nisu mogli učiniti ništa, a brodovi se nisu mogli istovariti i utovariti.

Partnerstvo FERM imalo je veliku ulogu u zaustavljanju ili prepoznavanju novih napada kako bi se minimizirao njihov utjecaj u luci Rotterdam. FERM je dio Port Cyber Resilience Programa. Cilj programa je poboljšati suradnju između tvrtki u luci Rotterdam i podići svijest među tvrtkama o cyber rizicima kako bi postali najbolje digitalno zaštićena luka na svijetu. FERM i dalje pomaže luci Rotterdam sigurnosnim radnjama nadgledajući prijetnje jer veliki rizik postoji u procesima pametne digitalizacije.

Luka Antwerpen također je prepoznala važnost IoT sigurnosti stvaranjem platforme za digitalnu razmjenu podataka nazvanom Nxtport. Partneri iz SIA-e izjavili su da je platformu pokrenula flamanska sektorska organizacija Alfaport VOKA, čiji je cilj stvoriti financijski samoodrživu tvrtku za komercijalizaciju podataka koja će prikupljati, centralizirati, pohranjivati, analizirati i razmjenjivati podatke od širokog spektra logističkih aktera u luci

(prijevoznici, teretni agenti, itd.) i ostvarivati dobit pregledavanjem podataka koji se odnose na svakog dionika. Projekt se izvodi s četiri aplikacije namijenjene testiranju i dokazivanju važnosti Nxtporta. Sve se te aplikacije testiraju ili ih treba eksperimentirati u luci Antwerpen i usmjerene su na poboljšanje učinkovitosti i sigurnosti. Kao i svaka luka, Antwerpen je mjesto ilegalnog krijumčarenja i nesreća, a sigurnost je ključni prioritet. Stoga, iako postoji mogućnost neovlaštenog upravljanja uređajima i krađe informacija, intenzivan rad na poboljšanju sigurnosti u konačnici će lukama omogućiti dodatni rast.

#### **5.4. Luka Hamburg**

Jedna od prijevozničkih institucija koja prednjači u uključivanju IoT-a je luka Hamburg. Kao jedna od najprometnijih luka u Europi (zajedno s Rotterdamom i Antwerpenom), modernizacija tehnološkim inovacijama od vitalne je važnosti za luku u Hamburgu kako bi se održao rast poslovanja i međunarodna konkurentnost, a minimalizirali vanjski utjecaji luke na stanovnike grada. Luka je glavni ekonomski pokretač regije i zemlje. Obuhvaća otprilike desetinu ukupne površine grada Hamburga, ima preko 260 tisuća radnih mjesta o kojima ovisi u Njemačkoj i godišnje ostvaruje preko 750 milijuna eura poreznih prihoda za grad Hamburg. Luka rukuje uobičajenom kombinacijom proizvoda kontejnera i rasutih tereta (suhih i tekućih), pri čemu se oboje kontinuirano povećava. Očekuje se da će kontejneri koji prolaze kroz njega porasti sa 8 milijuna u 2010. na 25 milijuna u 2025., a ukupni teret pretočen sa 121 milijuna tona u 2010. na 296 milijuna tona u 2025. Luka je također važno čvorište za turističku industriju. Godišnje oko 500 tisuća putnika na krstarenju stiže i odlazi odatle [23].

Očekivani porast prometa znači da se godišnji kapacitet rukovanja mora nadograditi, ali ograničenje prostora zbog smještaja luke u srcu grada Hamburga znači da se to povećanje kapaciteta mora izvesti uglavnom iz volumno primjerenog povećanja produktivnosti. Istodobno, negativni vanjski efekti (npr. prometne gužve, zagađenje i sigurnost na cestama) uzrokovani aktivnostima luke na živote lokalnih građana moraju se svesti na minimum, kao i utjecaj luke na okoliš. Ukratko, cilj je stvoriti učinkovitije, sigurnije i jeftinije lučko okruženje.

Strateški i operativni plan s detaljima svih tekućih i budućih projekata usmjerenih na postizanje ovog cilja navedeni su u Planu razvoja luke do 2025. godine (2025 Port Development Plan) koji je 2012. godine donijela lučka uprava Hamburg (Hamburg Port Authority, tj. Tijelo zaduženo za strateško planiranje, upravljanje i rukovodstvo morskom lukom; od sada „HPA“). Izvješće sadrži pojedinosti mnogih shema koje nisu povezane s IT-om, a čiji je cilj modernizacija i nadogradnja lučke infrastrukture i uvođenje zelenih praksi (npr. obnovljivih izvora energije) u luci. Nadalje, također detaljno opisuje planirani razvoj prema pametnoj luci, na čemu je započeo rad 2011.



## **6. PRIMJENJIVOST IoT-a U MORSKIM LUKAMA HRVATSKE**

Lukama u Republici Hrvatskoj potrebna je implementacija informacijskog podsustava i sustava mrežne usluge u području modernog prometa kako bi se postigla visoka kvaliteta logistike, a posebno se to odnosi na pomorski promet. Za razvoj inteligentnih terminala potrebna je komunikacijska tehnologija, dobro razvijena prometna infrastruktura, inteligentna plovila, prekrcajna sredstva i inteligentna prekrcajna mehanizacija [24].

Potrebna su velika ulaganja u računalne aplikacije i njihov razvoj, bitno i ulaganje u ljudske resurse i potrebno je razviti na adekvatan način logistički lanac. Svi korisnici luke odnosno sudionici u transportu trebali bi biti povezani zajedničkim informacijskim sustavima. Taj sustav uključuje lučki informacijski podsustav i sustav upravljanja, pomorski sustav te sustav prijevozničkih poduzeća i omogućuje koordinaciju u radu i poslovanju.

Republika Hrvatska ima problem što se tiče stanja pomorskog lučkog sustava prilikom implemetacije pametnih rješenja zbog toga što je većina lučkih objekata tehnički zastarjela te imaju nisku produktivnost. Potrebno je povećati ulaganja u moderne objekte i tehnologije, modernizirati terminale te povećati kvalitetu prometne infrastrukture na lučkim terminalima. Potrebna je provedba dosljedne prometne i tarifne politike te lučke politike. Nakon toga će se postići bolja konkurentnosti luke, pristaništa i terminala.

Pojedine hrvatske teretne luke klasificirane su kao otvorene luke za međunarodni promet i od velikog su gospodarskog (međunarodnog) interesa za Republiku Hrvatsku. Takve su luke Rijeka, Zadar, Šibenik, Split i Ploče. Budući da je protok tereta u spomenutim lukama ekonomski važan, razni dionici morskih luka pokušavaju poboljšati svoje poslovne performanse, kako bi ih učinili konkurentnijima. U pametnim lukama koriste se različite tehnologije, a uporaba tih tehnologija ovisi o različitim čimbenicima i resursima koji se koriste u lučkim operacijama, poput infrastrukture, rukovanja teretom, sigurnosti itd [25].

Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture prepoznalo je važnost i prednosti digitalizacije i povezanosti dionika (poput špeditera, pomorskih agenata itd.) u pomorskom prometu. Te su prednosti olakšavanje poslova, smanjenje administrativnih pogrešaka i prepreka.

Unutar toga, razvijena su tri projekta koja će riješiti administrativne probleme s kojima se suočavaju dionici u logističkom lancu teretnog prijevoza, olakšavajući tako kontrolu podataka. Prvi projekt odnosi se na uspostavu Nacionalnog jedinstvenog prozora, informacijske platforme za razmjenu i obradu podataka kroz suradnju Ministarstva mora, prometa i infrastrukture, Carinske uprave Ministarstva financija, Lučke uprave Rijeka i Lučke uprave Ploče. Osim toga, nova usluga CIMISNet značajno će poboljšati razmjenu podataka, smanjiti administrativne postupke između ministarstava, svih lučkih uprava, Ministarstva unutarnjih poslova, carinske uprave, Agencije za obalni linijski promet, Hrvatskog zavoda za statistiku itd. Također će sigurnost u prekograničnom prometu biti poboljšana u skladu s schengenskim pravilima.

U luci Ploče već je prisutna integracija PCS (Port Community Systems) sustava s drugim sustavima (TOS, CIMIS itd.). Cilj je razviti lučki logistički centar i omogućiti automatiziranu razmjenu podataka temeljenu na konceptu jedinstvenog sučelja. Upotreba PCS sustava mora se primijeniti u svim lučkim upravama na lučkim područjima, uz potrebne prilagodbe. To je glavni cilj projekta „Dizajn i implementacija informacijskog sustava lučke zajednice“, s ciljem pružanja PCS ICT (Information and Communications Technology) rješenja u luci Rijeka, temeljem postojećeg rješenja u luci Ploče, kao i njihova integracija u jedinstveno sučelje, sustav CIMIS, e-Carinu i s postojećim dijelovima ostalih sustava koji se trenutno koriste.

PCS će se u početku implementirati u luke Rijeka i Ploče, nakon čega će se uključiti i druge hrvatske luke od međunarodnog značaja (Zadar, Split, Šibenik i Dubrovnik), uz potrebnu prilagodbu sustava.

## **6.1. Pametne tehnologije u hrvatskim lukama**

Nekoliko već postojećih i širom svijeta prihvaćenih pametnih tehnologija može se primijeniti na hrvatske luke, poput pametne opreme za rukovanje teretom, koja smanjuje operativne troškove do 10 posto te minimizira neiskorištenu i nepotrebnu potrošnju energije. Uz ekonomsku i sigurnosnu komponentu, važno je naglasiti i ekološki aspekt poslovanja u pametnim lukama. Sustav rasvjete terminala osjetljiv na kretanje jedna je od pametnih tehnologija. Svijetli samo kada su vozila u blizini, a luka Valencia time smanjuje potrošnju energije za 80 posto. Luka Hamburg koristi slično pametno osvjetljenje [25].

Luka Rijeka predstavlja intermodalnu, a također i višenamjensku luku, gdje se lučke djelatnosti obavljaju na nekoliko lokacija i terminala. Luka Rijeka ima brojne prednosti poput zemljopisnog položaja, dubine mora, resursa, pa je stoga postala pomorsko tranzitno središte Hrvatske. Uz ove karakteristike, glavnu ulogu u uspjehu luke imaju i njene prometne veze s ostatkom zemlje, kao i sa zemljama u okruženju. Luke imaju koristi od svojih strateških položaja, ali potrebno je osigurati odgovarajuće kapacitete za zadovoljavanje potencijalne potražnje. Ako je luka bolje povezana s međunarodnim pomorskim rutama, privući će više globalnih operatera. Stoga bi luka Rijeka mogla biti konkurentna i ključna veza ako se poveća razina digitalizacije.

Luka Ploče ujedno je i luka od posebnog značaja za Hrvatsku. Uloženo je u novi kontejnerski terminal, terminal za rasute terete i lučki informacijski sustav. Luka Ploče prepoznala je prednosti koje bi ova investicija mogla donijeti: povećanje lučkog prometa, ekonomski učinci na lokalnu zajednicu i usko gravitacijsko područje luke Ploče, a susjedna Bosna i Hercegovina imat će pozitivne ekonomske učinke povećanja konkurentnosti njihove robe zahvaljujući modernim objektima za prekrcaj u luci Ploče, kao i smanjene troškove prijevoza svoje robe zbog novih kapaciteta u luci Ploče.

Adriatic Croatia International Club (ACI), najveći sustav luka na Mediteranu i vodeća nautička tvrtka u Hrvatskoj, sastoji se od 22 luke, kao što je prikazano na slici 11.



Slika 11. ACI luke u Hrvatskoj [26]

ACI sustav nudi optimizaciju nautičke rute, potpunu udobnost i siguran vez pomoću najnovije tehnologije. U tu svrhu ACI je razvio mobilne aplikacije, što predstavlja korak naprijed u smislu funkcionalnosti za svoje klijente. Osim mogućnosti internetske rezervacije i plaćanja, ova aplikacija pruža podatke o objektima, vremenskim prognozama i besplatnim kapacitetima za sve ACI luke. Nadalje, pametna ACI kartica omogućuje trenutni prijenos podataka na recepciju, čime se skraćuju vremena čekanja i pojednostavljaju procesi prijave i odjave. Ova tehnologija donosi brojne pogodnosti i popuste, kako za stalne korisnike veza, tako i za plovila u tranzitu, potičući time porast potražnje [26].

Poslovanje ACI luke Trogir temelji se na sustavima upravljanja kvalitetom koji pružaju okvir za poboljšanje kvalitete usluge kako bi se na najučinkovitiji mogući način ispunili zahtjevi i očekivanja kupaca, kao i ostalih relevantnih dionika. To se odnosi na obavljanje popravaka, preinaka i održavanja plovila te pružanje usluga luke. Uvođenjem softvera u sustav upravljanja okolišem, luci je omogućeno učinkovito korištenje raspoloživih resursa i smanjenje otpada, čime stječe povjerenje kupaca, ali i bolju tržišnu konkurentnost. Nadalje, softver omogućuje racionalno upravljanje, uštedu i uvođenje obnovljivih izvora energije u proizvodni proces. Ova se tehnologija primjenjuje za smanjenje i racionalizaciju troškova, posljedično povećavajući financijsku i organizacijsku dobit. Softver se također koristi za praćenje potrošnje električne energije i vode, kao i za organiziranje pražnjenja spremnika i odlaganje otpada poput goriva, ulja, masti i slično.

S ciljem optimizacije poslovanja, produktivnijeg donošenja boljih odluka, pametni softver za upravljanje primjenjuje se u mnogim lukama. S aspekta kvalitete usluge, te luke nude ugradnju pametnih IoT senzora (senzori dima/temperature, broskog dna i baterija) za otkrivanje stanja baterije plovila. Koristeći ovu pametnu tehnologiju, osoblju luke dopušteno je

nadzirati stanje plovila 24 sata dnevno i odmah poduzimati radnje potrebne kako bi se plovilo učinilo sigurnim u svakom trenutku, čime se značajno povećava razina usluge.

Značajan broj nesreća događa se tijekom ljetne turističke sezone, kada su aktivnosti domaćih i stranih turista na hrvatskoj obali najintenzivnije, dok tijekom zime svaka pogrešna procjena na moru često može biti kobna zbog promjenjivih vremenskih uvjeta. Najveći broj poziva u pomoć obično pošalju nautičari zbog povećanja pomorskog prometa.

Kako bi se spriječile nesreće i postigla viša razina sigurnosti na moru, višejezična aplikacija za pametne telefone dizajnirana je za nautičare, kapetane brodova, ribare, ronioce, kupaće i druge osobe koje provode vrijeme na moru. Aplikacija omogućuje korisniku da na jednostavan i brz način pruži relevantne i detaljne informacije lučkim upravama i drugim uredima za pomorsku sigurnost i kontrolu onečišćenja, posebno službama traganja i spašavanja na moru. S druge strane, korisnici mogu lako pristupiti točnim informacijama o sigurnosti na moru, kao što su trenutna lokacija, uvjeti na moru, kontakti najbližih hitnih javnih službi, luka ili sidrišta, u bilo koje vrijeme i na bilo kojem mjestu.

## 6.2. SWOT analiza pametnih tehnologija u hrvatskim lukama

Pametne tehnologije neprestano prikupljaju, analiziraju i koriste podatke kako bi pružile višu razinu usluge i poboljšale poslovne rezultate luke. Provedena je SWOT analiza u hrvatskim lukama (tablica 2.), koja ocrtava snage, slabosti, mogućnosti i prijetnje primjene pametnih tehnologija u upravljanju lukama [26].

Tablica 2. SWOT analiza pametnih tehnologija u hrvatskim lukama [26]

Snage	Slabosti	Mogućnosti	Prijetnje
Funkcionalnost	Manja zaposlenost	Povećanje potražnje	Skupo predstavljanje
Fleksibilnost	Složenost	Poboljšanje kvalitete	Skupo održavanje
Optimizacija troškova	Privatnost i sigurnost podataka	Otvaranje novih tržišta	Ranjivost na hakiranje
Održivost	Veliki skup podataka		
Učinkovitost			
Djelotvornost			
Produktivnost			
Smanjenje zagađenja			
Osobna sigurnost			
Navigacijska sigurnost			
Transparentnost poslovanja			
Jednostavnost korištenja			

Pametne tehnologije su jednostavne za upotrebu, transparentne i mogu se instalirati na različite uređaje, pružajući fleksibilnost i funkcionalnost kako za kupce tako i za menadžere. Budući da pametna rješenja štede vrijeme i nude bolju iskorištenost kapaciteta, tijekom rada je optimiziran, što rezultira većim prihodima i nižim troškovima, istovremeno čineći luku konkurentnijom i produktivnijom. Pametne tehnologije korisne su za lučki okoliš jer smanjuju emisije. Na primjer, e-bicikli i skuteri koji se koriste, kao i stanice za punjenje električnih automobila, smanjuju potrošnju goriva i negativan utjecaj na prirodne resurse. Za usporedbu, vodeće svjetske luke koriste pametnu rasvjetu povezanu sa sensorima pokreta kako bi smanjile potrošnju električne energije. Umjetna inteligencija pomaže u automatizaciji i standardizaciji procesa, čineći ih sigurnijima i manje ovisnima o ljudskom neuspjehu, što nameće problem manje potrebe za zapošljavanjem ljudi. Budući da se pametne luke moraju nositi s velikim podacima, privatnost i sigurnost potencijalna su područja zabrinutosti. Najveća slabost svake pametne tehnologije je nedostatak sigurnosti, kojem prijeti ranjivost na hakere koju je nemoguće izbjeći. Budući da se pametne tehnologije oslanjaju na prikupljanje podataka za poboljšanje usluga, golema količina podataka mora se čuvati i analizirati, što uzrokuje velike probleme povezane s podacima zbog nedostatka infrastrukture. Pametna tehnologija donosi brojne prednosti, ali s druge strane vrlo je skupa i za uvođenje i za daljnje održavanje. Korištenje pametnih tehnologija u upravljanju lukama rezultirat će poboljšanjem kvalitete usluge što izravno utječe na zadovoljstvo kupaca. Nadalje, veće zadovoljstvo kupaca potiče porast potražnje, čineći luku otvorenom za nova tržišta.

## 7. ZAKLJUČAK

Pametne luke mogu prevladati nedostatke i probleme tradicionalnih luka, poput niske radne učinkovitosti, veće potrošnje energije i niske pouzdanosti rada. U usporedbi s tradicionalnim lučkim sustavom, pametne luke odlikuju se automatizacijom, inteligencijom i visokom učinkovitošću. Uz brzi razvoj tehnologije i vještina, pametna luka savršena je kombinacija različitih naprednih tehnologija, uključujući Internet stvari. Pametne luke mogu dobiti cjelokupnu percepciju informacija o radu luka pomoću IoT tehnologije. Može donijeti brze i inteligentne odluke. Pruža platformu u oblaku koja omogućava svim organizacijama povezanim s lukama da stupe u kontakt s informacijama bilo kada i bilo gdje koristeći razne uređaje. Ako želimo pravovremeno i točno pratiti stanje svake operacije u stvarnom vremenu, moramo se osloniti na Internet stvari, koji je osnova razvoja pametne luke.

Luke su temelj pomorskog i prometnog sustava, povezuju kopneni i pomorski promet te su poticatelj razvitka mnogih gospodarskih djelatnosti i prometnih tokova. Imaju važnu ulogu u svjetskom i nacionalnom gospodarstvu i međunarodnoj trgovinskoj razmjeni. Lučki sustav je podijeljen na elemente i potrebno je da oni skladno djeluju kako bi lučki sustav funkcionirao. Također, luka ima određene funkcije u koje se svrstavaju lučke djelatnosti.

Živimo u eri Interneta stvari. Internet stvari će povećati sveprisutnost Interneta omogućujući mrežu uređaja koji komuniciraju s ljudima, kao i s drugim uređajima. Povećati će se i broj uređaja, stoga bi IoT rješenja trebala biti korisnički orijentirana i jednostavna za korištenje, trebala bi omogućiti umrežavanje velikog broja uređaja, imati mogućnost premještanja mreže na drugu lokaciju i provoditi sigurnosne korake.

Sredinom prošlog stoljeća velike luke su počele usvajati informacijske tehnologije. Krenulo se polako u modernizaciju luke. Danas imamo napredne tehnologije koje pomoću senzora informiraju o stanju infrastrukture, uveden je GPS sustav koji pruža obavijesti o kretanju na vodi i kopnu, itd. Sve se više slijedi vizija logističkih lanaca unutar i među lukama koje karakteriziraju neometana suradnja i komunikacija. Naglašava se sve veća uloga suradnje i razmjene informacija u lukama. Pametne tehnologije u lukama poboljšavaju infrastrukturu i rukovanje teretom, čine poboljšanje intermodalnog prometa, uvode blockchain tehnologije za bolje rukovanje carinom i dokumentacijama, zadovoljavaju minimalnim razinama sigurnosti i zaštite objekata i imovine kojom upravljaju i pomažu lukama da smanje potrošnju energije i otpada. No, da bi se provela sva ta rješenja mora prvo proći proces implementacije.

Razvoj pametne luke je temelj da bi se implementirao IoT sustav. Pametna luka može se definirati kao potpuno automatizirana luka u kojem su svi uređaji povezani putem Interneta stvari. Infrastrukturu pametne luke čine mreža pametnih senzora, bežičnih uređaja i podatkovnih centara, koja lučkim vlastima omogućuje brže i učinkovitije pružanje osnovnih usluga. Senzorska tehnologija omogućuje objektima "percepciju", RFID omogućuje da "govore", M2M dopušta im da se "razmjenjuju", a IoT je omogućio da se svi objekti međusobno povežu. Što znači, oprema za rukovanje, brodovi, kontejneri, vozila i instrumenti, koji su široko rasprostranjeni u globalnim lukama, povezani su s ovom mrežom. Neke od opcija s IoT-om u lukama su potpuno automatizirani lučki terminal, niži operativni troškovi, autonomne dizalice za utovar/istovar kontejnera, komunikacija s drugim vozilima u opskrbnom lancu, video nadzor luke, itd., a IoT tehnologije za razvoj pametnih luka su senzori, RFID, WSN, tehnologija

mrežne komunikacije, M2M, terminal za vozilo i ručni mobilni terminal. Dok dijelove luka koji počivaju na IoT tehnologiji čini inteligentno pristanište, inteligentno dvorište, inteligentna logistika. Međutim postoje sigurnosni izazovi stoga je potrebna odgovarajuća razina sigurnosti. Luka Hamburg, jedna je od najrazvijenijih luka što se tiče razvoja IoT sustava. Dovoljno govori činjenica da je luka glavni ekonomski pokretač regije i zemlje. Prema planu iz 2012. cilj je modernizacija i nadogradnja lučke infrastrukture i uvođenje zelenih praksi (npr. obnovljivih izvora energije) u luci do 2025.

Hrvatske luke slijede najnovija suvremena rješenja na području upravljanja lukama, ali još uvijek na nezadovoljavajućoj razini. Potrebna je implementacija pametnih tehnologija jer je većina lučkih objekata zastarjela i ima nisku produktivnost. Softverske aplikacije koje se koriste u Hrvatskoj uglavnom se temelje na pojednostavljenju cjelokupnog procesa upravljanja. Postojeća rješenja uglavnom su usmjerena na olakšavanje procesa pronalaska i rezervacije veza, čime se ušteduje vrijeme osoblju luke koje se može produktivnije trošiti, posvećujući više pažnje klijentima. Zaključno, potrebno povećati ulaganja u nove, moderne objekte i tehnologije jer su od velikog gospodarskog i međunarodnog interesa za Republiku Hrvatsku, a glavni nedostatak trenutno implementiranih sustava u hrvatskim lukama je nedovoljna kontrola čimbenika koji utječu na onečišćenje, poput emisija, potrošnje energije i otpada.

Cilj izgradnje pametnih luka je raditi i nadzirati rad u cijelom procesu i izgraditi usku suradnju između različitih sudionika cijelog opskrbnog lanca. Tehnologija Interneta stvari pruža mogućnost pametnim lukama da krenu naprijed i prevladaju postojeće prepreke. Na temelju IoT-a, tehnologija u nastajanju može inteligentno razmišljati, raditi i reagirati. IoT tehnologija donosi lukama inteligenciju kako bi se postigla razmjena informacija i automatski rad te poboljšala učinkovitost, točnost i sigurnost luka. U budućnosti će IoT tehnologija još više sudjelovati u razvoju i izgradnji pametnih luka.

## POPIS LITERATURE

- [1.] Luka, Hrvatska tehnička enciklopedija, Prvi svezak, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2018.
- [2.] Petković D.: Pravni status luka, Fakultet za mediteranske poslovne studije Tivat, Tivat, 2018.
- [3.] Šarić M.: Metodologija planiranja razvoja luka i terminala, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.
- [4.] Filipović-Grčić S.: Trendovi razvoja pomorskih luka, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.
- [5.] Khan J. Y., Yuce M. R.: Internet of Things (IoT): Systems and Applications, Jenny Stanford Publishing, 2019.
- [6.] Hassan Q.F.: Internet of Things A to Z: Technologies and Applications, Wiley-IEEE Press, 2018.
- [7.] Kovačević T., Čagalj M., Perković T.: Internet of things - mogućnosti i izazovi, Open InfoTrend, TeleDom d.o.o., 2021.
- [8.] Serpanos D., Wolf M.: Internet-of-Things (IoT) Systems: Architectures, Algorithms, Methodologies, Springer International Publishing, 2018.
- [9.] Lee I., Lee K.: The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises, Business Horizons, Kelley School of Business, Indiana University, Elsevier. 2015;58(4): 431-440.
- [10.] Vermesan O., Friess P.: Internet of Things - From Research and Innovation to Market Deployment, River Publishers, 2014.
- [11.] Geerlings H., Kuipers B., Zuidwijk R.: Ports and Networks: Strategies, Operations and Perspectives, Routledge, 2018.
- [12.] Karaš A.: Smart port as a key to the future development of modern ports, TransNav, International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2020;14(1)
- [13.] Becha H., Lind M., Simha A., Bottin F.: Smart Ports to Become Global Logistics Information Exchange Hubs, The Maritime Executive, 2020.
- [14.] Accenture, Connected Ports: Driving Future Trade, Accenture and SIPG, 2016.
- [15.] Heilig L., Voß S.: Information systems in seaports: a categorization and overview, Information Technology and Management, Springer. 2017;18(3): 179-201.
- [16.] Deloitte Port Services, Smart Ports: Point of View, 2017.
- [17.] Delenclos F., Rasmussen A., Jens R.: To Get Smart , Ports Go Digital, Boston Consulting Group, 2018.
- [18.] Yang Y., Zhong M., Yao H., Yu F., Fu X., Postolache O.: Internet of Things for Smart Ports: Technologies and Challenges, IEEE Instrumentation and Measurement Magazine. 2018;21(1): 34-43.
- [19.] Xisong D., Gang X., Xiujiang G., Yuantao L., Yisheng L.: Intelligent Ports Based on Internet of Things, Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, 2013.
- [20.] Jović M., Tijan E., Aksentijević S., Čišić D.: An Overview Of Security Challenges Of Seaport IoT Systems, 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2019.
- [21.] Jardas M., Dundović Č., Gulić M., Ivanić K.: The Role of Internet of Things on the Development of Ports as a Holder in the Supply Chain, Pomorski zbornik. 2018;54: 61-73.



- [22.] Li S., Ma Z., Han P., Zhao S., Guo P., Dai H.: Bring Intelligence to Ports Based on Internet of Things, Springer, International Conference on Cloud Computing and Security. 2018: 128-137.
- [23.] The Internet of Things in transportation - Port of Hamburg case study, Sia Partners, 2016.
- [24.] Periša P.: Razvoj inteligentnih terminala u vodnom prometu, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2020.
- [25.] Jović M., Kavran N., Aksentijević S., Tijan E.: The Transition of Croatian Seaports into Smart Ports, 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2019.
- [26.] Maglić L., Grbčić A., Maglić L., Gundić A.: Application of Smart Technologies in Croatian Marinas, Transactions on Maritime Science, 2021.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Interesne skupine lučkog sustava .....	3
Slika 2. Prikaz broja uređaja i populacije.....	11
Slika 3. Opći blok dijagram IoT sustava .....	14
Slika 4. Funkcionalni blok dijagram tipičnog IoT čvora .....	16
Slika 5. Faze razvoja luke.....	23
Slika 6. Koraci za implementaciju tehnologije pametne luke .....	28
Slika 7. Opći predložak IoT-a u pametnoj luci .....	33
Slika 8. Prikaz dijelova pametnih luka.....	35
Slika 9. IoT dvorište temeljeno na Lora tehnologiji.....	37
Slika 10. Prikaz praćenja logističkog procesa .....	38
Slika 11. ACI luke u Hrvatskoj .....	43

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Primjena pametnih tehnologija u lučkoj industriji [14] .....	27
Tablica 2. SWOT analiza pametnih tehnologija u hrvatskim lukama [26] .....	44

## **POPIS KRATICA**

IoT - Internet of Things

RFID - Radio Frequency Identification

WSN - Wireless Sensor Networks

EDI - Electronic Data Interchange

QoS - Quality of Service

IoT - Internet of Things;

OSI - Open System Interconnection

M2M - Machine to Machine

V2V - Vehicle to Vehicle

NB-IoT - Narrow Band Internet of Things

PCS - Port Community Systems

CIMIS – Croatian Integrated Maritime Information System

ICT – Information and Communications Technology

ACI - Adriatic Croatia International Club



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada

pod naslovom **Primjena koncepta Interneta stvari u lukama**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 3.9.2021

Student/ica:

\_\_\_\_\_  
(potpis)