Primjena virtualne stvarnosti u sustavu pohrane kontejnera

Rigo, Bernard

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:309500

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Bernard Rigo

PRIMJENA VIRTRUALNE STVARNOSTI U SUSTAVU POHRANE KONTEJNERA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, svibanj 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

PRIMJENA VIRTRUALNE STVARNOSTI U SUSTAVU POHRANE KONTEJNERA

APPLICATION OF VIRTUAL REALITY WITHIN THE CONTAINER STORAGE SYSTEM

Mentor: doc. dr. Sc. Kristijan Rogić

Student: Bernard Rigo
JMBAG: 0135238276

Zagreb, svibanj 2020.

SAŽETAK

Virtualna stvarnost (VR) omogućava korisnicima novu razinu interakcije s računalom, a pokazuje se posebno korisnom u edukativne svrhe jer dovodi do znatnih ušteda pri uvježbavanju složenih poslova. Taj se trodimenzionalni multimedijski ambijent ostvaruje vizualizacijom stvarnoga ili zamišljenoga okružja, slika kojega se predočuje na zaslonu računala ili posebnim stereoskopskim uređajima (naočale ili kaciga s dvama ugrađenim zaslonima od tekućih kristala). Doživljaj se dopunjuje zvukovima (uz pomoć slušalica ili zvučnika), vibracijama i slično. Međudjelovanje čovjeka i računala postiže se uobičajenim ulaznim jedinicama (tipkovnica ili miš), ili posebnim jedinicama (rukavice s osjetnicima za određivanje položaja ruke i pokreta prstiju, ili drugi uređaji za praćenje kretanja). U ovom radu će biti prikazana mogućnost korištenja virtualne stvarnosti (VR) i njena primjena u upravljanju mehanizacijom na kontejnerskom terminalu u Rijeci (Adriatic Gate Container Terminal).

KLJUČNE RIJEČI: Virtualna stvarnost; računalo; stereoskopski uređaj; kontejnerski terminal, doživljaj, mehanizacija na kontejnerskom terminalu

SUMMARY

Virtual reality (VR) allows users a new level of interaction with the computer, and proves to be particularly useful for educational purposes as it leads to significant savings when practicing complex tasks. This three-dimensional multimedia ambience is created by visualizing a real or imagined environment, an image presented on a computer screen or special stereoscopic devices (glasses or a helmet with two built-in liquid crystal displays). The experience is complemented by sounds (with the help of headphones or speakers), vibrations and the like. Human-computer interaction is achieved by conventional input units (keyboard or mouse), or special units (gloves with sensors for determining hand position and finger movement, or other devices for monitoring movement). This paper will present the possibility of using virtual reality (VR) and its application in the management of machinery at the container terminal in Rijeka (Adriatic Gate Container Terminal).

KEY WORDS: Virtual reality, computer, stereoscopic device; container terminal; experience; container terminal machinery

1. Uvod ... 1
2. Osnovne postavke virtualne stvarnosti (VR) ... 2
2.1. Sustav CAVE ... 4
2.2. HDM (Head Mounted Display) ... 4
2.2.1. Oculus Rift ... 5
2.2.2. HTC Vive ... 5
2.2.3. Project Morpheus ... 6
3. Mogućnosti primjene sustava virtualne stvarnosti u logističkim sustavima ... 7
3.1. Virtualni simulator kontejnerskog terminala u svrhu dizajniranja operacija na terminalu 9
3.2. Platforma pružanja informacija na kontejnerskom terminalu u virtualnoj stvarnosti ... 12
3.3. AR (Augmented Reality) tehologija i primjena unutar skladišnih prostora ... 13
3.3.1. AR (Augmented Reality) tehologija ... 13
3.3.2. Primjena AR tehnologije unutar skladišnih prostora ... 15
3.4. Mogućnosti poboljšanja virtualne stvarnosti na primjeru upravljanja mehanizacijom na kontejnerskom terminalu ... 18
4. Lučki kontejnerski terminali i osnovne karakteristike ... 18
4.1. Tehničko-tehnološka obilježja kontejnerskih terminala ... 19
4.2. Prometno-tehnološki procesi na lučkim kontejnerskim terminalima ... 21
4.3. Transportno-manipulativna mehanizacija ... 23
4.3.1. Hvatač kontejnera (spreader) ... 23
4.3.2. Kontejnerske dizalice ... 25
4.3.3. Portalni prijenosnici velikog raspona ... 28
4.3.4. Portalni prijenosnici malog raspona ... 30
4.3.5. Autodizalice ... 31
4.3.6. Viličari ... 32
4.3.7. Tegljači (traktori) i prikolice za kontejnere ... 33
5. Upravljanje manipulacijskim jedinicama na kontejnerskom terminalu sustavom Virtualne stvarnosti – primjer iz prakse ... 35
5.1. Navigacijska scena virtualne stvarnosti ... 38
5.2. Prva manipulacijska scena virtualne realnosti ... 39
5.3. Druga manipulacijska scena virtualne realnosti ... 40
5.4. Treća manipulacijska scena virtualne realnosti ... 41

6. Zaključak 43
LITERATURA 44
POPIS SLIKA 46
POPIS TABLICA 48

1. Uvod

Lučki kontejnerski terminali su glavna prometna čvorišta bez kojih se ne može ni zamisliti suvremeni transport. Oni su mjesto povezivanja i prepletanja svih vrsta transporta. Lučki kontejnerski terminal dio je lučkog sustava koji je posebno izgrađen i opremljen objekt namijenjen prekrcaju kontejnera izravnim ili posrednim rukovanjem između morskih brodova i kopnenih prijevoznih sredstava. Kontejnerski su terminali opremljeni odgovarajućom opremom za nadzor i rukovanje standardiziranim ISO kontejnerima i tako omogućavaju vrlo brz, kvalitetan i ekonomičan prekrcaj robe. Bitan element u opremi lučkoga kontejnerskog terminala su pomični prekrcajni kontejnerski mostovi ili kontejnerske portalne dizalice koje se kreću po tračnicama ugrađenima paralelno s operativnom obalom. Uz to, važnu ulogu imaju i pokretna transportna sredstva i ostali objekti bitni za provođenje njihove djelatnosti.

U ovom radu će se prikazati mogućnost korištenja virtualne stvarnosti (VR) i njena primjena u upravljanju mehanizacijom na kontejnerskom terminalu u Rijeci (Adriatic Gate Container Terminal). Cilj ovog istraživanja je primjena realnih parametara mehanizacije na kontejnerskom terminalu u Rijeci u virtualnoj stvarnosti i izrada simulacije što realnijeg upravljanja manipulacijskim sredstvima, odnosno prikaz procesa usklađivanja odnosa između tehnoloških elemenata i tehnoloških zahtjeva koji se javljaju u procesu rada, a posebno pohrane kontejnere na navedenom kontejnerskom terminalu. Autori su od operativnog odjela na kontejnerskom terminalu u Rijeci dobili stvarne varijable kao što su dimenzije, mase i brzine kretanja mehanizacije na terminalu te ih implementirali u sustav virtualne realnosti. Nakon implementacije, izvršeno je optimiranje sustava kako bi se ponašao prema realnim parametrima. Izradom realne virtualne stvarnosti upravljanja manipulacijskim sredstvima na kontejnerskom terminalu omogućit će kvalitetniju obuku djelatnika na kontejnerskom terminalu, a studentima Fakulteta prometnih znanosti pružiti dodatna znanja u radu kontejnerskih terminala, odnosno načinom upravljanja mehanizacijom na kontejnerskim terminalima.

Kako bi se potvrdila mogućnost primjene virtualne stvarnosti analizirana su dosadašnja istraživanja analogno ovoj temi, detaljno je objašnjen princip virtualne stvarnosti (VR) i njegova dosadašnja primjena na kontejnerskim terminalima.

2. Osnovne postavke virtualne stvarnosti (VR)

Već od razvoja prvih računala, ljudi su pokušavali stvoriti virtualnu sliku svijeta kojeg bi na jednak način, kao i stvarni svijet, mogli doživjeti svim osjetilima i u kojem bi mogli svojom virtualnom prisutnošću sudjelovati u procesima koji ga mijenjaju i oblikuju. Iako još nije u potpunosti ostvarena, ova ideja zajedno sa tehnologijom, polako, u dugom nizu godina pretvara se u stvarnost i postiže sve veću primjenu u mnogim područjima ljudskih djelatnosti. Osnovna uloga koju ima virtualna stvarnost je pojednostavljenje upravljanja složenim procesima, tako da virtualna stvarnost bude na višoj razini od samog računala. Virtualni svijet može biti računalno oblikovan trodimenzionalni tehnički ili arhitektonski model, znanstvena simulacija ili na primjer pogled u bazu podataka. Razvijeni su mnogi programski alati za dizajniranje virtualnih svjetova koji ne moraju biti samo kopija realnog svijeta, nego i objekti iz mašte kojima dajemo realne fizikalne ili psihičke osobine [1]. Izrađeni su različiti uređaji koji u komunikaciji s računalom omogućuju čovjeku interakciju i percepciju virtualnog svijeta. Uređaji za percepciju nazivaju se još i izlazni jer im računalo šalje generirane informacije o slici, zvuku, sili, mirisu, temperaturi, o svemu onome što čovjek može percipirati, a sama svrha tih uređaja je pretvoriti te informacije u oblik koji je prilagođen čovjekovim osjetilima. Uređaji za interakciju ili ulazni uređaji, šalju računalu pretvorene informacije o ljudskim pokretima, ljudskom govoru, pulsu i slično. Svi uređaji nastoje se što bolje objediniti u jedan virtualni sustav kako bi čovjek što potpunije percipirao i interaktirao u virtualnom svijetu.

Definicija virtualne stvarnosti proizlazi iz spajanja dva svijeta: virtualnosti i stvarnosti (realnosti). Etimologija (porijeklo riječi) virtualnost pronalazi korijene već u srednjovjekovnom latinskom jeziku. Srednjovjekovne riječi virtualis (moguć, ostvariv) i virtus (izvrsnost, snaga, učinkovitost, hrabrost, sposobnost, vrlina, muževnost) potječu iz kasnog 14. stoljeća, a usko su povezane s područjem teologije te obje definiraju „utjecaj fizičkih vrlina ili sposobnosti koji je učinkovit s obzirom na prirodno svojstvene osobine“. U 15. stoljeću, riječ virtualnost imala je sljedeće značenje: „nešto što ima svoju bit ili učinak iako nije stvarno“, odnosno virtualnost predstavlja nešto što ima sposobnost proizvesti određeni učinak. Značenje koje virtualnost ima danas, u računalnom smislu, potvrđeno je 1959. godine a definira se kao „nešto što nema fizičku postojanost, ali se može stvoriti i prikazati pomoću softvera“ [2].

Analogno tome, virtualnost kao pojam u definiciji virtualne stvarnosti predstavlja područje koje je približno stvarnosti, ali se čovjek ne nalazi u realnom, već u umjetno stvorenom okruženju koje može predstavljati stvari i bića iz realnog te imaginarnog svijeta, odnosno virtualnost predstavlja presliku stvarnosti [3].

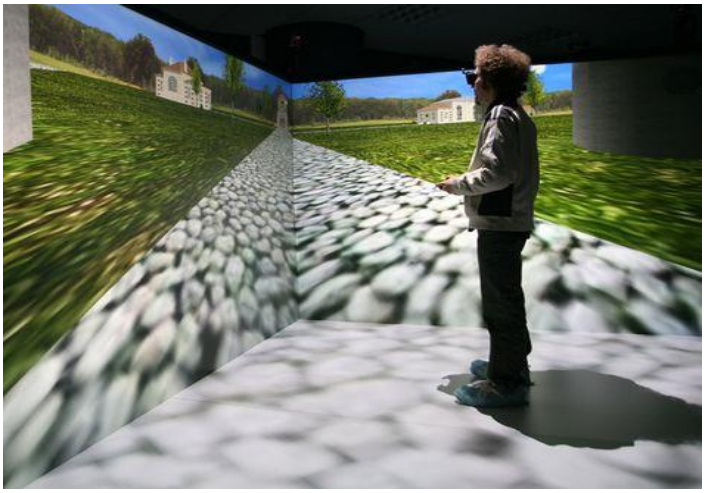
Virtualna stvarnost (eng. Virtual Reality) i virtualna okruženja (eng. Virtual Environments) su pojmovi koji se u informatičkom svijetu koriste zajedno te mogu biti istoznačnice. Navedeni pojmovi su najčešće korišteni ali postoji još mnogo njih kao što su: Sintetičko iskustvo (eng. Synthetic Experience), virtualni svjetovi (eng. Virtual Worlds), umjetno stvoreni svjetovi (eng. Artificial Worlds) ili umjetno stvorena stvarnost (eng. Artificial Reality) [3].

Sve navedene definicije opisuju pojam virtualne stvarnosti, a sumirajući prethodne definicije, može se reći da je virtualna stvarnost, poznata kao i računalno-simulirana stvarnost, računalna tehnologija koja replicira stvarno ili imaginarno okruženje pomoću softvera i prezentira umjetno stvoreno okruženje korisniku na način koji mu omogućuje da ga on prihvati kao realno okruženje [4].

U sljedećim poglavljima objašnjeni su različiti sustavi za prikaz virtualne stvarnosti.

2.1. Sustav CAVE

CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) je izrađen na sveučilištu u Chicagu. To je prostor veličine sobe u kojoj se na zidove i na strop projicirana stereo slika virtualnog svijeta.



Slika 1. Prikaz CAVE sustava

Izvor: https://www.pinterest.com/pin/567875834235728743 (Pristupano 27.4.2019.)

Slika 1. prikazuje CAVE sustav i korisnika sustava kako se koristi njime. U tom prostoru može se istovremeno nalaziti više korisnika sa stereo naočalama. Korisnici imaju podijeljene uloge u virtualnom svijetu. Prostor je ujedno i trodimenzionalno ozvučen. Korisnici se po virtualnoj sceni kreću s malim štapićem (wand) kojeg drže u ruci. Na štapiću je integriran davač pozicije (tracker) koji omogućava usmjereno kretanje. Unutar tog prostora korisnici se mogu i normalno kretati [5].

2.2. HDM (Head Mounted Display)

Uređaji za virtualnu stvarnost prvi su se put počeli razvijati još krajem 80-tih godina prošlog stoljeća. Ideja je tad bila ista kao i u današnje vrijeme ali nažalost tehnologija tog doba nije bila dovoljno razvijena da bi dovela ideju do zadovoljavajućeg proizvoda koji bi bio dostatno uvjerljiv pri korištenju [6].

HDM (Head Mounted Display) ili zaslon postavljen na glavi je vrsta računala ili monitora koji se, kao što i sam naziv implicira, nosi na glavi ili je ugrađen kao dio kacige. Ovaj tip zaslona namijenjen je potpunom uranjanju korisnika u bilo koje iskustvo za zaslon, jer osigurava da bez obzira na to gdje se glava korisnika može okretati, zaslon je postavljen točno ispred očiju korisnika.

2.2.1. Oculus Rift

Oculus Rift je vizualno sučelje za prikaz virtualne stvarnosti, proizvedeno od strane „Oculus VR-a“, a u primjeni je od 2016. godine. Oculus Rift je prije finalne verzije prošao kroz mnoga testna razdoblja, od kojih je pet bilo demonstrirano javnosti. Sadržava OLED (engl. organic light-emitting diode) zaslon, podržava rezoluciju od 1080x1200 po oku, te pri brzini osvježavanja od 90 Hz pruža 110° prostorne pokrivenosti.



Slika 2. Oculus Rift naočale

Izvor: https://www.spsistemi.hr/column/virtualna-stvarnost-tehnologija-buducnosti/ (Pristupano 27.4.2019.)

2.2.2. HTC Vive

HTC Vive (slika 3.) za razliku od Oculus Rifta ne koristi jedan ekran podijeljen na dva dijela, već dva zasebna ekrana rezolucije 1920×1080 piksela i brzinom osvježavanja od 90 Hz za svako oko. S razvojem su otišli korak dalje od Oculus Rifta te su razvili i dva uređaja za praćenje pokreta ruku koji se drže u šaci. Također dolazi s dvije laserske bazne stanice koje postavljene na dva kraja sobe mogu prostorno pratiti pokrete osobe, u prostoru oko 20 metara kvadratnih. Ovaj uređaj ukupno koristi preko 70 senzora za praćenje pokreta. HTC Vive headseta u primjeni je od 2015. godine, u predblagdansko vrijeme. Ovaj uređaj su autori odabrali kao rješenje medija pomoću kojega će korisnik doživjeti virtualnu stvarnost prilikom upravljanja mehanizacijom na kontejnerskom terminalu u Rijeci.



Slika 3. HTC Vive

Izvor: https://www.spsistemi.hr/column/virtualna-stvarnost-tehnologija-buducnosti/ (Pristupano 27.4.2019.)

2.2.3. Project Morpheus

Sonyjev VR headset pod imenom Project Morpheus (slika 4.) moći će se koristiti isključivo s igraćom konzolom PlayStation 4. Sony Project Morpheus koristi ekran manje rezolucije od svojih konkurenata, 1920×1080 piksela (960×1080 po jednom oku), ali s brzinom osvježavanja od 120 Hz. Također ima dva uređaja za praćenje pokreta ruku u kombinaciji s već dostupnim uređajem PS Eye, slično kao i HTC Vive [7]. Dostupan je na tržištu od 2016. godine [8].



Slika. 4. Project Morpheus

Izvor: https://www.spsistemi.hr/column/virtualna-stvarnost-tehnologija-buducnosti/ (Pristupano 27.4.2019.)

3. Mogućnosti primjene sustava virtualne stvarnosti u logističkim sustavima

Skladišta su izgrađeni objekti ili pripremljeni prostori za smještaj i čuvanje roba od trenutka njihovog preuzimanja do vremena njihove upotrebe i otpreme. Otvorene površine namijenjene i osposobljene za smještaj roba nazivaju se slagališta. Skladišta imaju veliku ulogu kako u proizvodnom procesu svih grana proizvodne i prerađivačke djelatnosti tako i u odvijanju transportne djelatnosti. S logističkog stajališta „skladište je čvor ili točka na logističkoj mreži na kojem se roba prije svega prihvaća ili prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže“. [17]

Skladište se sastoji od tri osnovna dijela: prostora, opreme i ljudi. Prostor omogućuje pohranu robe kad su potražnja i ponuda nejednake. Prostor ne utječe samo na odluke o skladištenju nego i na dizajn sustava logistike. Ako potražnja za skladišnim prostorom premašuje ponudu, cijena skladištenja raste jer se poduzeća natječu za ograničen prostor. Naposljetku, viši trošak prostora povisuje cijenu proizvoda.[16]

Skladišna oprema uključuje uređaje za rukovanje materijalima, police za odlaganje, opremu za prijenos i sustave za obradu informacija. Oprema pomaže u kretanju proizvoda., pohranjivanju i praćenju. Vrsta opreme koja se koristi u pogonu ovisi o vrsti proizvoda i međudjelovanju između opreme i drugih komponenti skladišta.

Ljudi su najkritičniji čimbenik skladišta. Prostor i oprema ne znače ništa bez stručnih ljudi. Primani razlog postojanja skladišta je podizanje razine usluge kupca. To često zahtijeva pojedinačnu pažnju posebnim zahtjevima kupaca poput završenog sklapanja, posebnog pakiranja ili označavanja cijena na pošiljci. Zahtjevi kupca mogu umanjiti standardizaciju u skladištu, čineći potpunu automatizaciju nemogućom. Ljudi igraju kritičnu ulogu u svakom dijelu opskrbnog lanca, a skladište nije iznimka.[16]

Osnovne funkcije skladišta uključuju premještanje, čuvanje i prijenos informacija. Za pravilno skladištenje proizvoda, premještanje je nužno, a to se odvija u četiri odvojena područja:

- primanje dolazeće robe od prijevoznika i obavljanje provjere kvalitete i
- kvantitete
- prijenos robe iz prijemnih platformi i premještanje do pojedinih mjesta za
- čuvanje unutar skladišta
- izabiranje naručenih proizvoda (komisioniranje) za ispunjenje narudžbi
- kupaca uključujući provjeru, pakiranje i transportiranje do otpremnih rampi
- otprema robe prema van do kupaca određenim načinom prijevoza. [16]

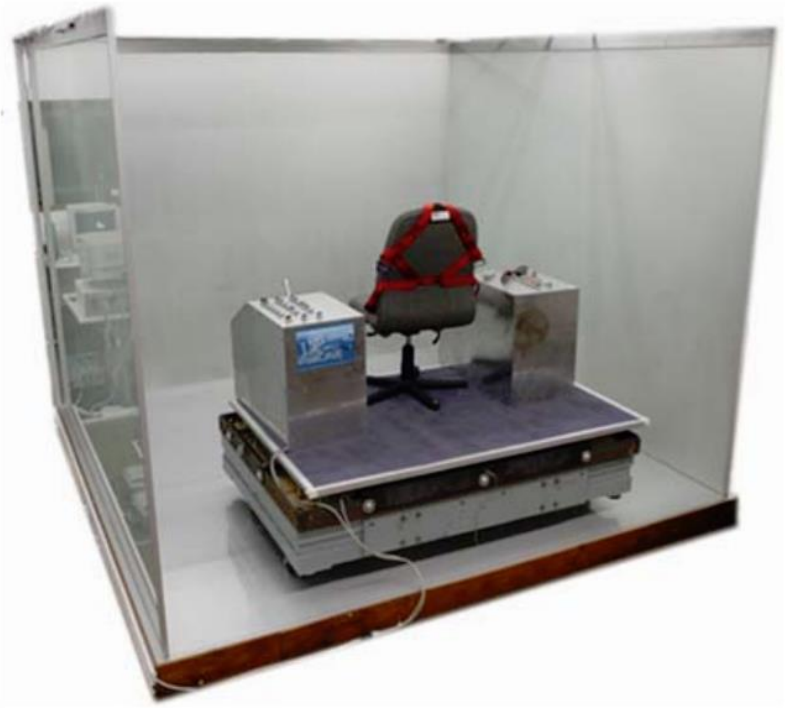
Skladištenje se odnosi na fizičko raspolaganje proizvodom unutar skladišta. Ono može biti privremeno ili polutrajno. Privremena osnova znači pohranjivanje proizvoda koji je nužan za nadopunu zaliha. Polutrajna pohrana se koristi za zalihe koje premašuju trenutne potrebe i nazivaju se sigurnosnim zalihama. Prijenos informacija javlja se u isto vrijeme dok se proizvod premješta i skladišti. Menadžment uzima informacije o razinama zaliha, lokaciji zaliha, protoku, iskorištenosti prostora i ostale informacije nužne da bi se osiguralo uspješno funkcioniranje skladišta. Informacije se mogu koristiti za procjenu učinkovitosti skladištenja ispitivanjem stope iskorištenosti opreme, produktivnosti rada i iskorištenosti prostora. [16].

Unutar skladišnog sustava pripadaju kontejnerski terminali. Kontejnerski terminali su mjesta na kojima se susreću više prometnih grana radi dovoza, preuzimanja, skladištenja i odvoza robe (koja je pohranjena unutar kontejnera). Na ovim terminalima, manipulira se kontejnerima koji u sebi sadrže različitu vrstu robe. U području izrade virtualne stvarnosti na kontejnerskim terminalima provedeno je nekoliko istraživanja . U većini istraživanja autori su koristili CAVE. CAVE je uređaj u kojem projekcija slika na velikim zaslonima stvara iskustvo virtualne realnosti. Taj uređaj je osmišljen i implementiran 1991. u Laboratoriju za elektroničku vizualizaciju (EVL) na Sveučilištu Illinois u Chicagu. Proširena verzija, nazvana CAVE ++, dostupna je na državnom sveučilištu Iowa (ISU) u Amesu od svibnja 1996.

U sljedećem dijelu ovog rada, biti će detaljno opisana različita istraživanja koja su izrađena u svrhu izrade simulatora upravljanja mehanizacijom na kontejnerskom terminalu te pregled svih operacija na kontejnerskom terminalu. Isto tako, prikazati će se istraživanja koja imaju mogućnost poboljšanja i modernizacije skladišnih sustava. Sljedeća opisana istraživanja se danas redovno primjenjuju u logistici diljem svijeta te postoji mogućnost nadogradnje i usavršavanja istih.

3.1. Virtualni simulator kontejnerskog terminala u svrhu dizajniranja operacija na terminalu

Jedno od istraživanja su proveli autori: Lau H., Chan L. i Wong R. Njihov rad pod naslovom „A virtual container terminal simulator for the design of terminal operation“ [8] imao je za cilj izradu CAVE uređaja za simulaciju operacija na kontejnerskom terminalu.



Slika 5. Konstrukcija CAVE uređaja na Sveučilištu u Hong Kong-u

Izvor: Lau H., Chan L., Wong R.: A virtual container terminal simulator for the design of terminal operation, Int J Interact Des Manuf (2007) 1:107–113

Slika 5. prikazuje konstrukciju kontrolne ploče i platna na kojemu je projicirana slika kako bi korisnik koji sjedi na stolici iskusio što realniju sliku operacija koje se impelmentiraju na kontejnerskom terminalu.



Slika 6. Prikaz informacija kontrolnog tornja unutar korisničkog sučelja prilikom korištenja CAVE simulacije
Izvor: Lau H., Chan L., Wong R.: A virtual container terminal simulator for the design of terminal operation, Int J Interact Des Manuf (2007) 1:107–113

Slika 6. prikazuje jedan od zaslona koji je vidljiv prilikom korištenja CAVE-a na odjelu kontrolnog tornja. Vidljivo je kako korisnik ima dostupne informacije o poziciji kontejnera na brodu i upute koji kontejneri moraju biti iskrcani pomoću desno prikazane iskrcajne liste (Unloading list). Devet prikazanih pozicija kontejnera na brodu pružaju informaciju korisniku o rasporedu kontejnera na brodu od pramca prema krmi.



Slika 7. Prikaz rada korisnika kod upravljanja dizalicom unutar CAVE uređaja koji zaprima informacije od kontrolnog tornja prilikom manipuliranja kontejnerima

Izvor: Lau H., Chan L., Wong R.: A virtual container terminal simulator for the design of terminal operation, Int J Interact Des Manuf (2007) 1:107–113

Slika 7. prikazuje odjel kontrolnog tornja koji šalje informacije korisniku koji upravlja dizalicom kako bi se izvršila određena manipulacija kontejnerima. Vidljivo je kako je prilikom upravljanja dizalicom postavljeno tri podloge koje pokrivaju cijeli trodimenzionalni prikaz okoline dizalice kako bi korisnik što realnije doživio okolinu.

3.2. Platforma pružanja informacija na kontejnerskom terminalu u virtualnoj stvarnosti

Autori Shu F., Mi W. i Xu Z., proveli su istraživanje izradom rada pod nazivom: „The Information Sharing Platform for Port Container Terminal Logistics using Virtual Reality“. Njihov rad je baziran na kontejnerskom terminalu u Tianjing-u u Kini, koji je ilustriran u njihovom sustavu, što prikazuje slika 8.



Slika 8. Prikaz na bazi virtualne stvarnosti planiranja kontejnerskog terminala

Izvor: Shu, F., Mi, W., Xu, Z.: The Information Sharing Platform for Port Container Terminal Logistics using Virtual Reality, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, August 18 - 21, 2007, Jinan, China: 2570-2575

Autori navedenog istraživanja utvrdili su da su konvencionalni sustavi upravljanja operacijama (COMS) na kontejnerskim terminalima povezani s organizacijom informacija unutar procesa rukovanja kontejnera u smislu numeričkih i dijagramskih formata. Stoga je za različite operacije s kontejnerima operaterima vrlo teško obraditi informacije u realnom vremenu zbog zalihosti podataka i kasnog odaziva. Zbog pojave informacijske tehnologije (IT), tehnologija virtualne stvarnosti (VR) pruža novi način za učinkovito upravljanje kontejnerskim terminalima. U tom smislu, VR tehnologija stvara integrirano okruženje za modeliranje i simulaciju operativnih aktivnosti pomoću trodimenzionalne (3D) vizualizacije [9].

3.3. AR (Augmented Reality) tehologija i primjena unutar skladišnih prostora

AR je tehnologija koja povećava fizičko okruženje na zaslonu mobilnih uređaja preklapajući ih digitalnim sadržajem. Kada je riječ o razlici između virtualne i proširene stvarnosti, to su potpuno različite tehnologije. Za razliku od VR-a, AR se temelji na tragu stvarne okoline i samo mu dodaje dodatne računalno generirane podatke poput animacije ili trodimenzionalnih objekata umjesto da se zamjeni cijela okolina virtualnom okolinom i objektima.[19]

3.3.1. AR (Augmented Reality) tehologija

Sa rastom broja pametnih mobilnih uređaja i stalnim poboljšavanjem njihovih mogućnosti, proširena stvarnost ulazi u brojne aspekte ljudskog života. To je postao interaktivni koncept koji utječe na način na koji kupujemo ili studiramo. Za nadimanje digitalnih informacija AR aplikacije mogu upotrebljavati različite metode poput povezivanja računala generiranog sadržaja s „markerima“ ili određivanjem mjesta dodavanja podataka pomoću GPS-a. Proširena stvarnost može se podijeliti u četiri glavne faze koje omogućuju dodatnu superpoziciju sadržaja:[19]

- AR rješenje snima dio okoliša pomoću kamere na pametnom telefonu, tabletu ili zaslonu montiranom na glavu HMD (Head Mounted Ddisplay).
- Zatim skenira snimljeni dio okoliša i prepoznaje mjesto na kojem će se prekrivati dodatne informacije pomoću markera ili pratilaca poput infracrvenog, lasera, GPS-a ili senzora.
- Kada se ta točka utvrdi, rješenje proširene stvarnosti zahtijeva unaprijed definirani sadržaj kako bi dodatno prekrivao trag okoliša dodatnim informacijama.
- Nakon što se zatraži potrebni sadržaj, rješenje tvori cjelovitu sliku koja se sastoji od stvarnog podrijetla i prekrivenih AR podataka.

Bez obzira na činjenicu da se proširena stvarnost odnosi na širenje fizičkog okruženja s prekrivenim informacijama, postoji nekoliko načina da se ovaj koncept provede. Kad je riječ o pristupima koji stoje iza AR-a, tehnologija imerziranja može se temeljiti na sljedećem:[19]

- SLAM (simultaneous localization and mapping technology)
- Marker-based
- Location-based

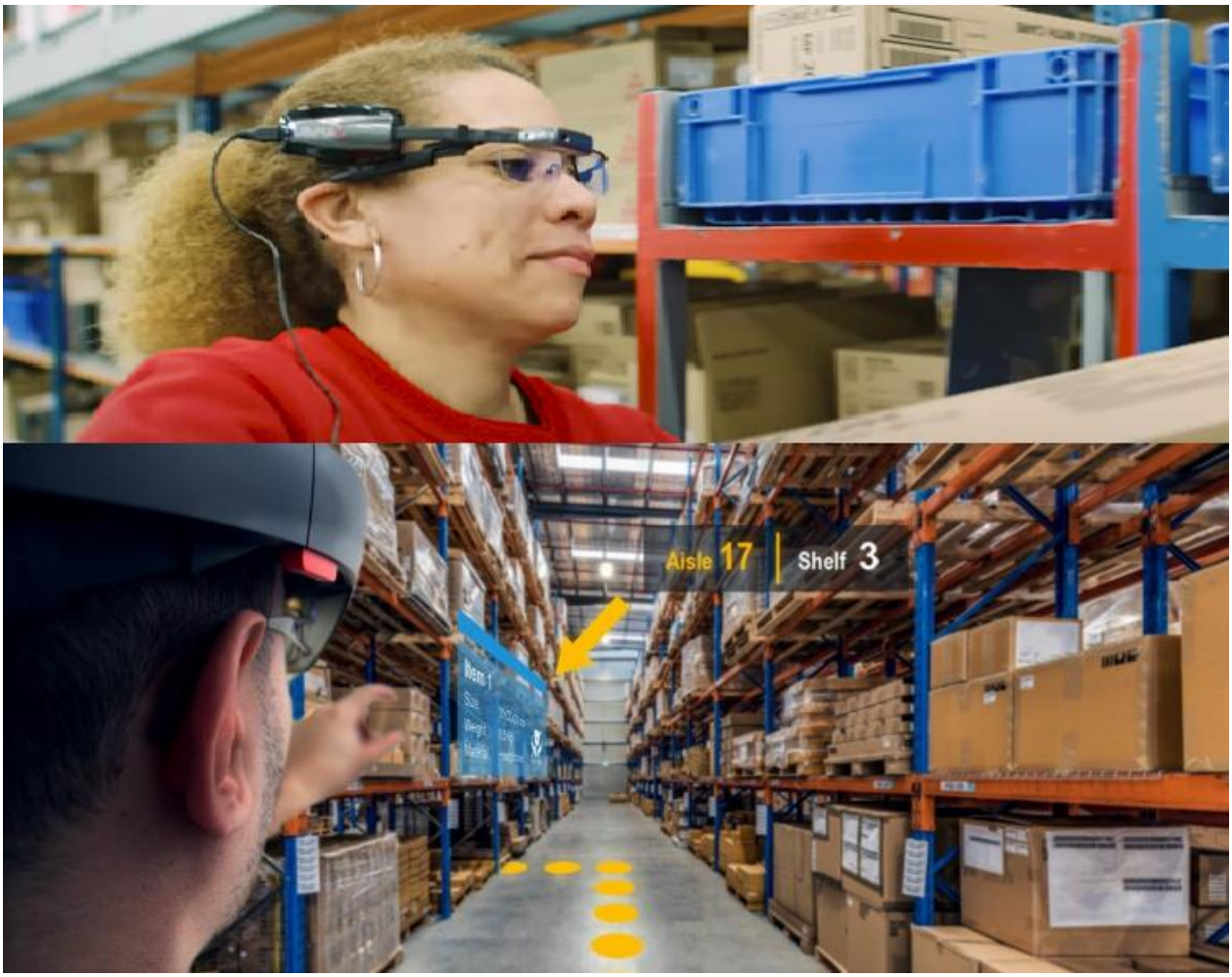
SLAM tehnologija znači istodobna lokalizacija i mapiranje. Temelji se na skupu složenih algoritama i podacima primljenih od senzora. Dakle, SLAM mapira nepoznata okruženja i istovremeno određuje njegovu lokaciju. Međutim, SLAM ima neke od nedostataka za tvrtke proširene stvarnosti. Kako je to jedna od najnaprednijih tehnologija za omogućavanje proširene stvarnosti, ona ima velike zahtjeve za hardverske komponente. Pored toga, programi temeljeni na SLAM-u zahtijevaju unaprijed definiranu kartu da bi se pravilno postavili virtualni 3D objekti. SLAM omogućava računalima da razumiju što se nalazi oko njih pomoću točkastog otkrivanja okolnih objekata. Ovaj pristup je ključni pokretač takvih inovacija kao što su autonomna vozila, roboti i bespilotne letjelice.

Proširena stvarnost koja se oslanja na markere (marker-based) najraširenija je pristup implementaciji imerzivne tehnologije. AR-prepoznavanje zasnovano na markeru ili prepoznavanje slike koristi kameru mobilnog uređaja za otkrivanje unaprijed definiranog markera koji tada pokreće određeni računalno generirani sadržaj. Oznake mogu biti AR-kodovi, fizički objekti ili ispisane slike kako se pojavljuju u aplikaciji Absolut Vodka Augmented Reality . Da bi AR aplikacija mogla prepoznati objekt u stvarnom svijetu kao okidač, u taj objekt treba biti ugrađen određeni marker. Budući da se AR-kodovi puno lakše prepoznaju kako kamerama tako i korisnicima, ovu vrstu markera uvelike koriste programeri proširene stvarnosti. Čim se marker pojavi u sceni s kamerom, softver izračunava položaj markera i prikazani sadržaj. Tako će promjena položaja stvarnog svijeta utjecati na položaj računalno generiranog sadržaja. Što bolje aplikacija može odrediti određene fizičke predmete, točnija će biti raspoloženost digitalnih informacija.

Mogućnost postavljanja dodatnih digitalnih informacija omogućuju AR aplikacije temeljene na položaju koje se oslanjaju na GPS podatke, kompas, akcelerometar i žiroskop na mobilnom uređaju. Također je poznata i kao proširena stvarnost koja se temelji na lokaciji / položaju (Location-based). Da bi aplikacija mogla pravilno prikazivati računalno generirane podatke, ona mora sadržavati okidač utemeljen na podacima, na primjer, geolokaciju. Tako lokacijske AR aplikacije utemeljene na lokaciji povezuju njihov sadržaj sa stvarnim svijetom, što spada u vidno polje kamere. Na primjer, takve AR aplikacije mogu korisnicima reći više o restoranu koji se nalazi u određenoj ulici. Kada usmjeravaju kameru na natpis u restoranu, korisnici mogu, na primjer, kratko provjeriti njihov izbornik ili naučiti radno vrijeme.

3.3.2. Primjena AR tehnologije unutar skladišnih prostora

Narudžbe prikupljanja zauzimaju oko 60% svih operacija skladištenja DHL-a. Iz tog razloga je DHL odlučio optimizirati postupak prikupljanja narudžbi uz pomoć tzv. Vision Picking-a. U 2014. godini DHL je pokrenuo pilot projekt korištenja povećane stvarnosti u skladištu za prikupljanje narudžbi. Tri tjedna zaposlenici jednog skladišta u Nizozemskoj nosili su AR pametne naočale, poput Vuzix-a i Google Glass-a. Ove AR pametne naočale (Slika 9.) prikazuju optimalan put za prikupljanje narudžbi (Slika 9.), informacije o artiklima i njihovoj količini, kao i oznaku u koju kantu staviti odabrane predmete. [18]



Slika 9. Prikaz naočala Vision pickinga DHL-a i sučelja optimalnog puta

Izvror: https://www.youtube.com/watch?time_continue=64&v=CMwgXcPVAR8&feature=emb_title (Pristupano 09.06.2020.)

Mogućnost skeniranja bar koda omogućuje komisionaru informaciju da je odabrao odgovarajuću stavku od određene narudžbe. Tako komisionar glatko i brzo bira potrebne predmete. Evaluacija rezultata pilot projekta AR pokazala je povećanje učinkovitosti postupka komisioniranja za 25%. [18]

Na slici 10. vidljiv je sustav Vision pickinga od DHL-a gdje komisionar vidi virtualne informacije koje mu pokazuju prolaz (Aisle) i lokaciju (Location) gdje se nalazi stavka za prikupiti. Nakon što komisionar sa svojim kolicima (koje su prikazane na slici 9.) dođe do zadane lokacije prema informacijama na naočalama, uzima određenu količinu artikla (Quantity) te stavlja u određen spremnik koji se nalazi na kolicima. Na kolicima se nalaze 3 stupca (crveni, plavi i žuti). Komisionar odlaže artikl u kutiju prema dijagramu (Trolley position) te nastavlja daljnje prikupljanje robe.



Slika 10. Sučelje Vision pickinga kojim se koriste komisionari u DHL-u

Izvor: https://www.youtube.com/watch?time_continue=64&v=CMwgXcPVAR8&feature=emb_title (Pristupano 09.06.2020.)

Sučelja AR aplikacija intuitivna su te korisnici lako razumiju što treba raditi i gotovo ne trebaju obuku. Tako je upotreba proširene stvarnosti omogućila DHL-u da skrati vrijeme za usavršavanje zaposlenika za 50%. Takva izvedba dokazuje učinkovitost primjene AR-a u velikim sustavima upravljanja skladištem. Sukladno tome, nakon pilot testiranja ove platforme proširene stvarnosti, DHL je pokrenuo globalnu primjenu tehnologije komisioniranja AR-om u svojim skladišnim procesima. [18]

3.4. Mogućnosti poboljšanja virtualne stvarnosti na primjeru upravljanja mehanizacijom na kontejnerskom terminalu

Prilikom upravljanja dizalicom u dosadašnjim VR sustavima (CAVE), nije dovoljno realna i kvalitetna vidljivost područja ispod i oko operatera koji prilikom pozicioniranja iznad kontejnera, ima potrebu dohvatiti kontejner. Takav problem može se riješiti HMD (Head Mounted Display) VR sustavom koji je s vremenom nadograđivan i u ovom radu je implementiran kao alat kojim će se koristiti korisnik prilikom izvršavanja operacija na kontejnerskom terminalu u virtualnoj stvarnosti. Ovakav VR sustav još nikada nije bio implementiran u ovom području te se zato autor ovog rada odlučio za njegovu izradu.

U sljedećem poglavlju će biti detaljno prikazane značajke kontejnerskih terminala, a nakon toga će biti prikazana virtualna stvarnost upravljanja mehanizacijom na kontejnerskom terminalu u Rijeci. Autor je dobio potrebne informacije (dimenzije i masu dizalica, brzine u opterećenju i bez opterećenja) na temelju kojih je izrađena simulacija upravljanja mehanizacijom u virtualnoj stvarnosti.

4. Lučki kontejnerski terminali i osnovne karakteristike

Lučki kontejnerski terminal dio je lučkog sustava koji predstavlja posebno izgrađen i opremljen objekt namijenjen prekrcaju kontejnera direktnim ili posrednim (poludirektnim i indirektnim) rukovanjem između morskih brodova i kopnenih prijevoznih sredstava. Kontejnerski terminal povezuje najmanje dva prometna sustava, a za uspješno odvijanje procesa upotrebljavaju se specijalizirana prekrcajna sredstva [20]. Budući da je nesrazmjer između broja kontejnera koji stižu brodovima i količina koje se mogu otpremiti kopnenim vozilima sve veći, suvremeni tehnološki procesi na lučkim kontejnerskim terminalima temelje se na posrednom rukovanju kontejnerima. To znači da se uključuje boravak kontejnera na slagalištu, a vrijeme boravka kontejnera na slagalištu mora biti što kraće, što je u interesu i lučkog kontejnerskog terminala, brodara i drugih sudionika.

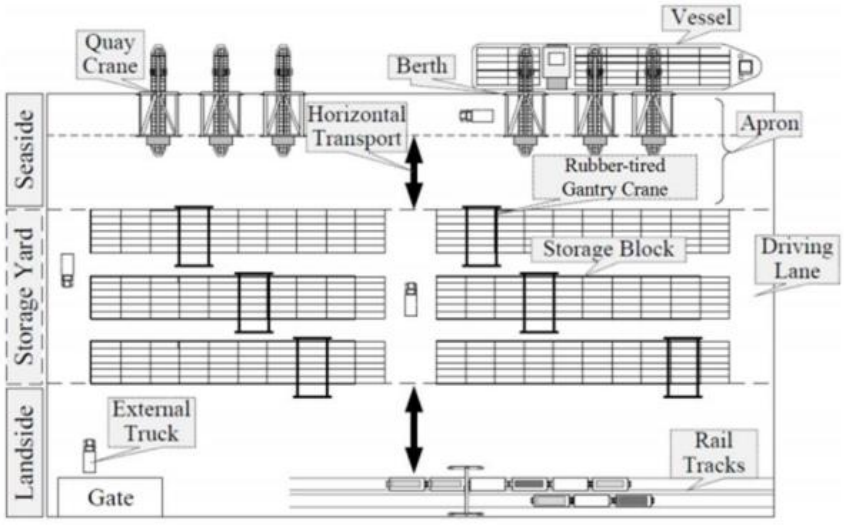
4.1. Tehničko-tehnološka obilježja kontejnerskih terminala

Lučki kontejnerski terminal sastavljen je od triju cjelina (Slika 11.) koje imaju sva obilježja sustava:

- Podsustav pristana (operativni obale) – obuhvaća pristane, obalne dizalice i krcalište te pripadajuće procese. U literaturi se pojam pristana definira na različite načine, ali on najčešće obuhvaća dio mora uz izgrađenu obalu i samu izgrađenu obalu, a u ulozi prihvata broda tijekom obavljanja operacija ukrcaja i iskrcaja. Na pristan se nastavlja krcalište na kojem su smještene obalne dizalice, radi odlaganja i zahvaćanja kontejnera tijekom iskrcaja i ukrcaja broda.

- Podsustav slagališta – nastavlja se u lokacijskom i tehnološkoorganizacijskom smislu na podsustav pristana. To je područje otvorenog skladišta sa svrhom odlaganja kontejnera koji se prikupljaju i kompletiraju radi otpreme morem ili kopnom, a i radi obavljanja nekih drugih poslova s kontejnerom ili teretom. Na slagalištu postoje prijenosno-prekrcajna sredstva radi obavljanja slagališnih manipulacija.

- Podsustav primopredajne zone – za kopnena vozila lokacijski se i tehnološki nastavlja na podsustav slagališta, a ponekad se njihovi procesi u toj mjeri isprepliću da je nemoguće odrediti točnu granicu. To ispreplitanje uvjetovano je neposrednom lokacijom, čestim korištenjem istih prijenosno-prekrcajnih sredstava ili nedostatkom prostora [21].



Slika 11. Shematska struktura lučkog kontejnerskog terminala

Izvor: https://pdfs.semanticscholar.org/827e/454f06896ca6f0e6f7f558bdd49930a46956.pdf (Pristupano 02.07.2020.)

Procese na lučkom kontejnerskom terminalu moguće je podijeliti na:

- glavne (primarne),
- uvjetno glavne,
- sporedne (sekundarne) [21].

Glavni procesi su procesi manipuliranja teretom vezani za osnovnu funkciju sustava lučkog kontejnerskog terminala, a to su:

- iskrcaj kontejnera s broda i ukrcaj na brod,
- prijenos kontejnera od pristana do slagališta i od slagališta do pristana,
- zahvaćanje kontejnera na slagalištu,
- odlaganje i prijenos kontejnera na slagalištu,
- iskrcaj kontejnera s cestovnog vozila i ukrcaj na cestovno vozilo,
- iskrcaj kontejnera s vagona i ukrcaj na vagon,
- prijenos kontejnera od slagališta do primopredajne zone,
- prijenos kontejnera od primopredajne zone do slagališta [21].

Uvjetno glavni procesi koji utječu na efikasnost poslovanja. To su:

- punjenje i praţnjenje kontejnera na skladištu,
- iskrcaj pošiljki za kontejneriziranje s cestovnog vozila na skladištu,
- ukrcaj pošiljki nakon dekontejneriziranja na cestovna vozila na skladištu,
- iskrcaj pošiljki za kontejneriziranje s vagona na skladištu,
- ukrcaj pošiljki nakon dekontejniriziranja na vagone na skladištu,
- prijenos praznih kontejnera od slagališta do skladišta i od skladišta do slagališta,
- prijenos punih kontejnera do slagališta i do primopredajne zone,
- uskladištenje i iskladištenje pošiljki tereta radi kontejnerizacija,
- uskladištenje pošiljki nakon kontejnerizacije radi otpreme kopnenim vozilom,
- iskladištenje pošiljki tereta nakon kontejnerizacije radi otpreme kopnenimvozilom, radovi redovitog odrţavanja kontejnera,
- čišćenje i provjetravanje kontejnera,
- prijenos kontejnera od skladišta do radionice za popravak,

Sporedni procesi su:

- radovi redovitog odrţavanja i popravaka izvanrednih kvarova obalnih dizalica na pristanu,
- radovi redovitog odrţavanja i popravaka izvanrednih kvarova portalnih
- prijenosnika na slagalištu,
- radovi redovitog odrţavanja i popravaka izvanrednih kvarova ostalih
- manipulativnih sredstava u radionici,
- dnevno operativno planiranje,
- podizanje razine sigurnosti rada na terminalu,
- provjera rada rashladnih kontejnera i drugo [21].

4.2. Prometno-tehnološki procesi na lučkim kontejnerskim terminalima

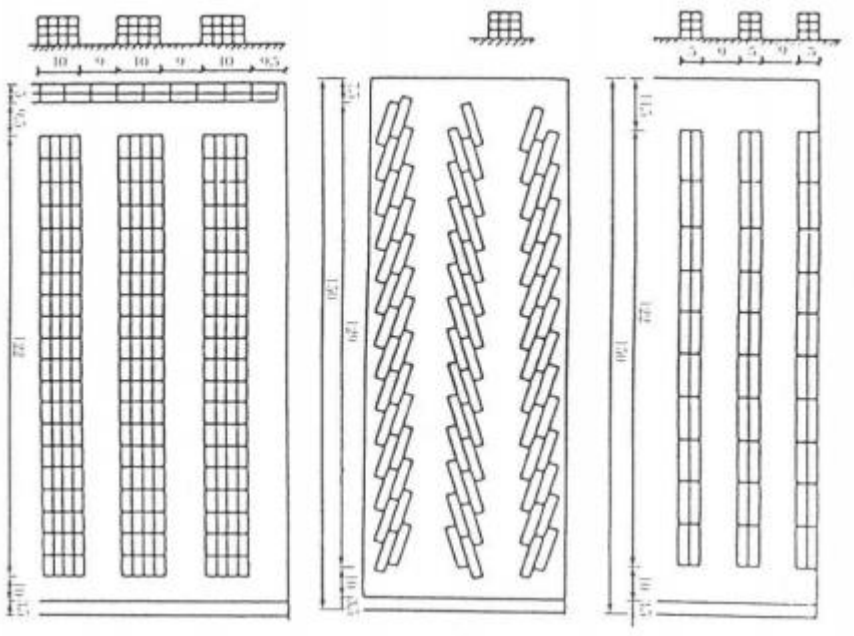
Prometno-tehnološki procesi na kontejnerskim terminalima variraju u ovisnosti o izboru opreme za prekrcaj, prijevoz i skladištenje kontejnera na terminalu. Pritom veliku ulogu imaju veličina samog terminala, njegov uzdužni profil, vrsta i broj osnovnih i sporednih poslova, prometna infrastruktura i organizacija rada na samom terminalu. Uspješno koncipiran tehnološki proces na terminalu preduvjet je i većeg prometa robe u kontejnerima, dok istodobno suvremeni trendovi nameću potrebu što kvalitetnijeg procesa prekrcaja i skladištenja kontejnera, te besprijekornu organizaciju rada na kontejnerskim terminalima. Glavni dio čitavog prekrcajnog sustava je brodski, odnosno obalni prekrcajni sustav preko kojeg treba proći čitav teret bilo u ukrcaju ili iskrcaju [1]. Teret s broda može biti upućen na tri moguća načina kroz obalni prekrcajni sustav, pa se tako razlikuje:

- direktan sustav prekrcaja – kontejneri se direktno ukrcavaju ili iskrcavaju iz ili u sredstva kopnenog transporta;
- poludirektan sustav prekrcaja – podrazumijeva iskrcaj na obalu i kasniju otpremu vozilima, taj se sustav malo primjenjuje, uglavnom na manjim terminalima;
- indirektan sustav prekrcaja – dominantan sustav prekrcaja kontejnera na lučkim kontejnerskim terminalima. Sastoji se od odlaganja kontejnera na otvorena slagališta, gdje kontejneri čekaju daljnju otpremu sredstvima kopnenog transporta [20].

Tehnološki procesi rada pri prihvatu broda na kontejnerskom terminalu razlikuju se ovisno o tome da li se radi o tehnološkom procesu ukrcaja ili iskrcaja kontejnera iz broda. Efikasnost prekrcajnog procesa na kontejnerskom terminalu bitno ovisi o pravilnom izboru sustava prijevoza i slaganja kontejnera. U svijetu su se razvili razni oblici rukovanja, a mnogobrojni proizvođači svojom raznovrsnom ponudom prekrcajno-prijevoznih sredstava nameću potrebu pažljiva odabira. Problem je, dakle, mnogo složeniji nego pri odabiru sredstava za rukovanje generalnim teretom. Metode rukovanja kontejnera na kontejnerskom terminalu mogu se razvrstati na:

- slaganje kontejnera s pomoću poluprikolice – šasije,
- slaganje kontejnera s pomoću portalnog prijenosnika malog raspona,
- slaganje kontejnera s pomoću portalnog prijenosnika velikog raspona,
- kombinirane metode [20].

Odabir procesa i opreme za rukovanje kontejnerima kao i modula slaganja kontejnera (Slika 12.), ponajprije ovisi o veličini i strukturi prometa, broju pristana, veličini skladišno-slagališnog prostora, postojanju posebnih katnih skladišta, udaljenosti pristana od slagališta, cestovnoj i željezničkoj infrastrukturi itd.



Slika 12. Moduli slaganja kontejnera – tlocrt

Izvor: Dundović, Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2002.

U većini slučajeva najbolje je kombinirati različitu opremu. Iskustva su pokazala da su za prijevoz od slagališta do operativne obale i obratno najpogodniji tegljači i prikolice. Izbor opreme za slaganje i razvrstavanje kontejnera ovisi o uvjetima rada, pri čemu iskustva pokazuju da se u radu terminala najčešće upotrebljavaju mosne dizalice na kotačima ili na tračnicama u kombinaciji s brzim kontejnerskim prijenosnicima, a u kojem su omjeru zastupljeni, ponajprije ovisi o veličini prometa.

4.3. Transportno-manipulativna mehanizacija

Kontejnerski terminali opremaju se sa dva osnovna sustava u tri verzije rukovanja, iz kojih proizlaze načini prekrcaja i skladištenja kontejnera. To su Lo-Lo (vertikalni) sustav koji prevladava u zoni operativne površine luke, Ro-Ro (horizontalni) sustav i kombinirani Lo-Ro sustav koji prevladavaju u zoni slagališne, primopredajne i servisne zone terminala [20]. Na operativnoj obali nalaze se specijalne obalne kontejnerske dizalice za iskrcaj i ukrcaj kontejnera u brodove, a na slagalištu i primopredajnoj zoni nalaze se prijenosno-prekrcajna sredstva (pokretna) za prijenos i slaganje kontejnera. Sva sredstva koja se upotrebljava za rukovanje kontejnerima moraju imati priključen hvatač kontejnera (eng. spreader), koji sluţi za zahvat i prijenos kontejnera.

4.3.1. Hvatač kontejnera (spreader)

Hvatač kontejnera je univerzalno sredstvo – poseban lučki alat (okvir, greda) za rukovanje kontejnerima. Hvatači kontejnera su konstrukcije izgrađene od valjanih čeličnih profila, posebno prilagođene za brz zahvat i rukovanje kontejnerima. Za prekrcaj kontejnera primjenjuju se različite izvedbe hvatača. S obzirom na konstrukciju razlikuju se lake, srdnje i teške konstrukcije, s obzirom na pogon mogu biti s hidrauličkim, elektromotornim ili kombiniranim elektrohidrauličkim pogonom, a s obzirom na izvedbu mogu se svrstati u dvije skupine:[20]

- Standardni hvatač – predviđen za samo jednu vrstu kontejnera i izrađen u skladu s ISO normama za kontejnere dužine 20, 30 i 40 stopa, kao i za Sealand kontejnere od 35 stopa. Jednostavne je konstrukcije, a svaki hvatač ima sve potrebne sigurnosne i signalne uređaje za pravilno i pravodobno oslobađanje kontejnera.

- Univerzalni hvatač (Slika 13.) – koji može mijenjati dužinu prema potrebi, a podešavanje se obavlja (elektrohidraulički) iz kabine dizaličara. Ova izvedba hvatača teže je i složenije konstrukcije te posjeduje sve potrebne upravljačke i sigurnosne uređaje za brz i besprijekoran rad. Univerzalni hvatači namijenjeni su svim vrstama rukovanja kontejnera. Mogu se priključiti na obalne kontejnerske dizalice, lučke mobilne dizalice, autodizalice, prijenosnike, prekrcajne mostove, odnosno na sve vrste mehanizacije koja se upotrebljava pri prekrcaju kontejnera.



Slika 13. Univerzalni hvatač kontejnera (spreader)

Izvor: https://www.containerspreaders.com/author/vicent/page/3/ (Pristupano 02.07.2020.)

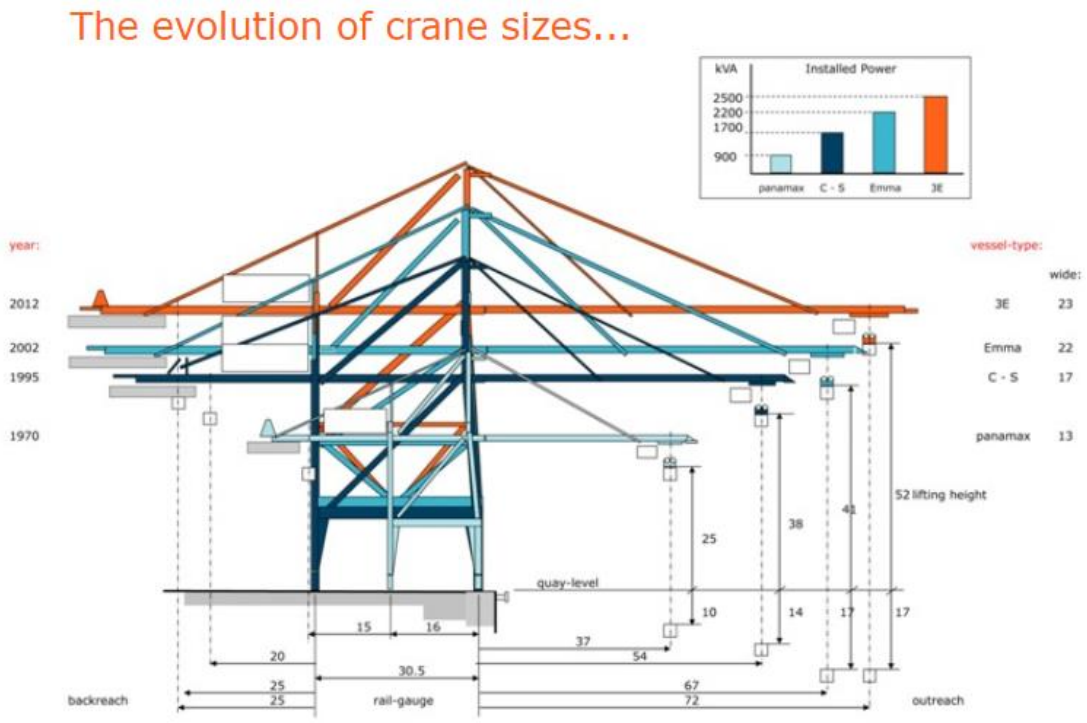
Osnovni zahtjevi koji se postavljaju za konstrukciju hvatača i prekrcajnog sredstva jesu[20]:

- hvatač kontejnera treba biti u stanju okretati se oko svoje vertikalne osi za oko 25°,
- na dizalici treba biti ugrađen uređaj za optičko pokazivanje sredine kontejnera i položaja okretanja,
- s obzirom na vrste kontejnera prema ISO standardima, hvatač se treba poluautomatski prilagođavati za sve veličine od 20-stopnih do 40-stopnih kontejnera,
- čepovi za zabravljivanje trebaju se lako i bez teškoća uvoditi u otvore kontejnera pomoću vodilica koje se na čeonim stranama podižu električnim ili hidrauličkim putem,
- užad hvatača treba biti što bliže i to iznad zavješenog tereta, jer se time smanjuje sila opterećenja, a razmak užadi prilagođava dužini kontejnera,
- čepovi za zabrtvljivanje trebaju sigurno zahvaćati kontejner te zbog toga trebaju biti u ležajevima pokretni u svim smjerovima.

4.3.2. Kontejnerske dizalice

Pod kontejnerskim dizalicama podrazumijevaju se sredstva za prekrcaj kontejnera na kontejnerskim terminalima koje se mogu podijeliti na obalne kontejnerske dizalice i lučke mobilne dizalice.

Obalne kontejnerske dizalice (eng. Ship-to-Shore – STS) najčešće se konstrukcijski izvode u obliku prekrcajnih mostova pa se često nazivaju i kontejnerskim mosnim dizalicama (eng. Quay crane – QC). Razvoj kontejnerskih prekrcajnih mostova događao se pod utjecajem razvitka kontejnerskih brodova. Veće dimenzije kontejnerskih brodova utjecale su na promjenu dohvata i nosivosti kontejnerskih dizalica, a znatno su povećane i brzine gibanja kontejnerskih dizalica, što je utjecalo i na veći učinak prekrcaja. Automatizacijom rada kontejnerskih dizalica prekrcajni učinak povećan je na 30 do 50 kontejnera na sat [20].



Slika 14. Evolucija kontejnerskih (mosnih) dizalica

Izvor: https://slideplayer.com/slide/11197274/ (Pristupano 02.07.2020.)

Slika 14. prikazuje evoluciju obalnih kontejnerskih dizalica kroz povijest. Iz slike je jasno vidljivo da su obalne kontejnerske dizalice koje su se pojavile davne 1970. godine zadržale svoju konstrukciju sve do danas, mijenjala se samo veličina i nosivost dizalica.

Veličina dohvata prema moru u suvremenim je uvjetima osnovno mjerilo dimenzija odnosno veličine kontejnerskih dizalica, prema kojem se razlikuju sljedeći tipovi dizalica: panamax, standard post-panamax i super post-panamax, čije su osnovne karakteristike prikazane u tablici 1.

Tablica 1. Osnovne karakteristike mostnih dizalica

Karakteristika	Panamax	Post-panamax	Super post-panamax
Nosivost ispod hvatača (t)	40-65	40-65	40-100
Dohvat prema moru (m)	38	45	53
Visina podizanja tereta (m)	30	35	40
Brzina podizanja tereta (m/min)	50-125	60-150	70-175
Brzina vožnje kolica (m/min)	150-180	180-210	210-240

Izvor: napravljeno prema https://www.liebherr.com/en/gbr/products/maritime-cranes/port-equipment/container-bridges/ship-to-shore-container-cranes.html#!/mcm-sts-accordian-start=mcm-sts-features-start+mcm-sts-accordion-advantages--benefits-start+mcm-sts-accordion-crane-sizes-start+mcm-sts-accordian-selected-options-start+mcm-sts-accordian-the-liebherr-difference-start (Pristupano 02.07.2020.)

Lučke mobilne dizalice (Slika 15.) su prekrcajna sredstva univerzalne namjene koja se često upotrebljavaju za ukrcaj i iskrcaj broda na kontejnerskim terminalima. Fleksibilnost i mogućnost primjene lučke mobilne dizalice u različitim segmentima lučko-transportnog rada rezultat je njezine neograničene horizontalne pokretljivosti, što omogućuje da dizalica ide za teretom, za razliku od obalnih kontejnerskih dizalica koje očekuju da teret dođe do njih. Prilagodljivost na različite uvjete rada, kao i sposobnost prekrcaja unutar cjelokupnog prostora luke, bez potrebe za investiranjem u opremu operativnih obala, upućuje na mogućnosti široke primjene mobilnih dizalica kako na višenamjenskim i kontejnerskim terminalima, tako i u ostalim terminalima, morskim lukama i riječnim pristaništima [20].

Lučke mobilne dizalice kreću se na gumenim kotačima po čitavom prostoru terminala i prema potrebi rade na pristanu ili slagalištu terminala. S obzirom na svoju višenamjensku primjenu može se upotrebljavati za različite vrste tereta te prema potrebi raditi s hvatačem, kukom ili grebalicom.[20]

Nedostatak uporabe ove dizalice je zauzimanje razmjerno velike površine i veliko opterećenje koje se prenosi preko upornika i kotača na površinu obale, što može biti ograničavajući čimbenik njezine veće primjene, posebice u starim lukama [20].



Slika 15. Lučka mobilna dizalica

Izvor: https://www.liebherr.com/en/deu/products/maritime-cranes/port-equipment/mobile-harbour-crane/details/lhm600.html#lightbox (Pristupano 02.07.2020.)

4.3.3. Portalni prijenosnici velikog raspona

Portalni prijenosnici velikog raspona (eng. transtainer) koji se često nazivaju i mosnim dizalicama, mogu se kretati na gumenim kotačima (eng. Rubber Tyred Gantry Cranes – RTG) ili po tračnicama (Rail Mounted Gantry Cranes – RMG). RTG dizalice (Slika 16.), koje se kreću na gumenim kotačima, koriste se na skladišnim površinama kontejnerskih terminala za slaganje kontejnera, dok se RMG dizalice (Slika 17.), koje se kreću po tračnicama, koriste na sustavu primopredajne zone za opsluživanje kamiona i vlakova na lučkim kolosijecima. Konstrukcijski su izvedeni u obliku portala po čijem se gornjem dijelu kreće vozno vitlo s hvatačem kontejnera [20].

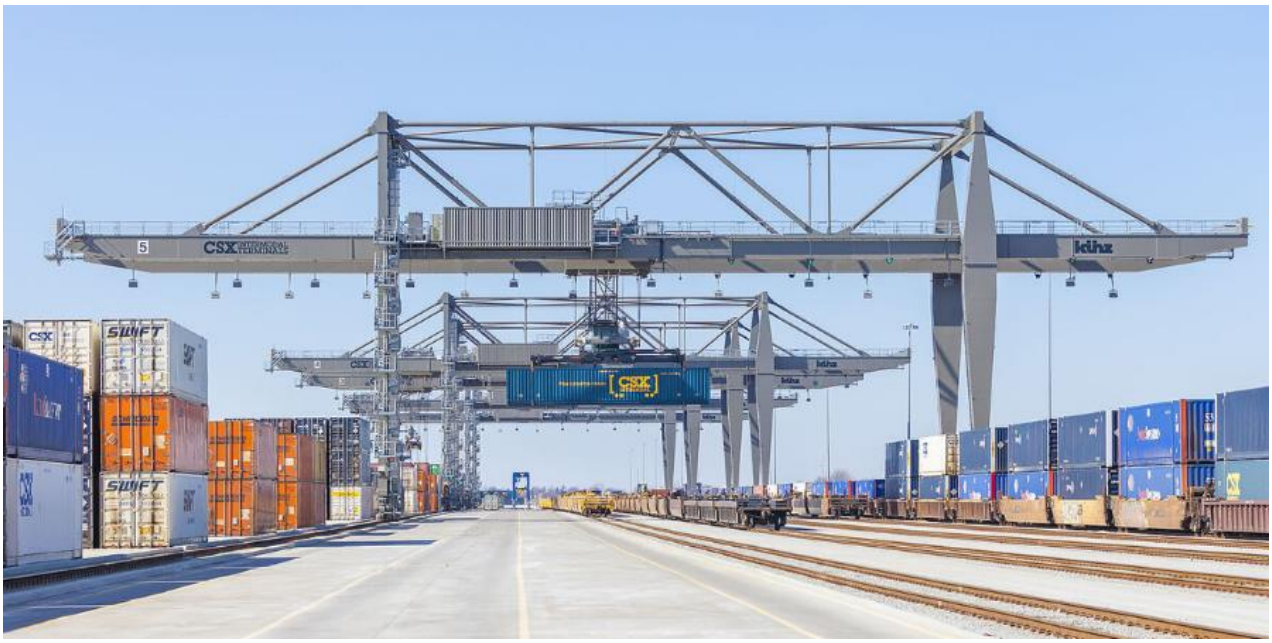
Portalni prijenosnici velikog raspona mogu premostiti 5 do 15 redova kontejnera složenih u 3 do 4 reda u visinu. Radni ciklus pri prekrcaju jednog kontejnera iznosi 1,7 do 6 minuta, što omogućuje prekrcajni učinak od 980 tona/h sa 10 do 35 radnih ciklusa u satu. Nosivost ovih prijenosnika najčešće je 305, 350 ili 400 kN [20].



Slika 16. RTG dizalica

Izvor: https://www.alibaba.com/product-detail/RTG-Rubber-Tyre-Gantry-Crane-Used_60031156162.html

(Pristupano 02.07.2020.)



Slika 17. RMG dizalica

Izvor: https://www.woelfer-motoren.com/fileadmin/_processed_/7/e/csm_rmg_cranes_c8ddfbc55f.jpg (Pristupano 02.07.2020.)

Prednost primjene portalnih prijenosnika posebno dolazi do izražaja pri slaganju kontejnera po tzv. blok-sustavu, kada nije nužna selektivnost. Mogu prenositi i slagati različite tipove kontejnera, a često se koriste i za ostale teške i krupne terete. Izvanredno iskorištavaju skladišne površine za slaganje kontejnera jer zahvaljujući svom velikom rasponu mogu slagati do četiri kontejnera u visinu, a veći broj kontejnera unutar raspona, bez većeg razmaka među njima. Također, pokretljivost im omogućuje promjenu slagališne zone s mogućnošću ukrcaja i iskrcaja kontejnera iz vagona ili cestovnih vozila unutar svog portala . Nedostaci se prije svega ogledaju u potrebi za kretanjem isključivo po ravnim površinama, većoj mogućnosti oštećenja kontejnera i češćim potrebama održavanja hidrauličnog sustava [20].

4.3.4. Portalni prijenosnici malog raspona

Portalni prijenosnici malog raspona (Slika 18.), (eng. Straddle Carrier), specijalizirani su prijenosnici za kontejnere za rad na suvremenim kontejnerskim terminalima. Postoje uglavnom tri različita tipa:

- portalni nosač (eng. Portal Frame Straddle Carrier) – kod kojega vozač kontrolira vožnju i ukrcaj te može rukovati s bilo kojom duljinom kontejnera i prići kontejneru s bilo koje strane;
- portalni nosač otvoren na vrhu (eng. open top portal frame straddle carrier) – koji omogućuje dizanje i učvršćivanje kontejnera. Duljina kontejnera ograničena je otvorom postroja prijenosnika;
- portalni teleskopski nosač – koji ima teleskopski postroj, a omogućuje dizanje
- i učvršćivanje kontejnera, bez obzira na duljinu i prilaz [20].



Slika 18. Portalni prijenosnik malog raspona

Izvor: https://container-mag.com/wp-content/uploads/2014/12/141216-APM-Terminals-Gothenburg-straddle-carrier-scaled.jpg (Pristupano 02.07.2020.)

Osnovno tehničko obilježje im je velika radna brzina, što uzrokuje kratko trajanje radnog ciklusa i velike radne učinke. Prednost ovih prijenosnika je to što im je težište na sredini konstrukcije (bez obzira dali je kontejner pun ili prazan), pa je i pritisak na kotače podjednako raspoređen. Najčešće prenose samo jedan kontejner, a uglavnom se upotrebljavaju za rad na kraćim udaljenostima, npr. transport kontejnera od broda do slagališta i obratno. Posebno su pogodni za rukovanje kontejnerima na slagalištu jer im je brzina 6 puta veća od brzine portalnih prijenosnika velikog raspona, te postižu brzine i do 60 km/h. Nosivost ovih prijenosnika je 350 do 400 kN, kreću se na gumenim kotačima koji se mogu zakretati pod kutem od 360°, a za pogon upotrebljavaju motor SUI, dok se za mehanizam dizanja primjenjuje hidraulički prijenos, slično kao i kod portalnih prijenosnika velikog raspona. Nedostatak portalnih prijenosnika malog raspona jest slabo korištenje prostora i duže vrijeme provedeno u održavanju [20].

4.3.5. Autodizalice

U suvremenim lukama i terminalima autodizalice (Slika 19.), imaju višestruku ulogu, posebno pri prekrcaju generalnog tereta u tehnološkim operacijama iskrcaja i ukrcaja vagona i vozila te prijenosa i slaganja tereta na skladištu. Za raznovrsne namjene u lukama se primjenjuju različiti tipovi autodizalica nosivosti 25 do 1000 kN, a pri prekrcaju kontejnera upotrebljavaju se autodizalice nosivosti 300 do 500 kN, koje rade s hvatačem kontejnera te mogu slagati i do 6 kontejnera u visinu [20].



Slika 19. Autodizalica (eng. Reach-Stacker)

Izvor: https://www.kalmarglobal.be/48d959/globalassets/indital/equipment/img_reachstacker-cs45-5.jpg (Pristupano 02.07.2020.)

Autodizalice su mobilna prijenosno-prekrcajna sredstva, pogonjena dizel ili benzinskim motorom s elektrohidrauličkim mehanizmom za dizanje i nagibanje dohvatnika, najčešće teleskopske izvedbe. Prednosti uporabe autodizalice ogledaju se prije svega u njezinoj iznimnoj mobilnosti i višestrukoj namjeni, a nedostatak je što se katkad pojavljuju problemi u preciznosti rada zbog asimetričnosti težišta sustava (kontejner-teret-hvatač), potrebe za većim manipulativnim prostorom i zahtjevi za radom na ravnoj i čvrstoj podlozi. Međutim, stabilnost autodizalica pri prekrcaju kontejnera može se povećati posebnim uređajima – upornicima, uz uvjet da se teret prekrcava u skladu s dijagramom nosivosti [20].

4.3.6. Viličari

Viličari koji se koriste na kontejnerskim terminalima mogu se podijeliti na čeone i bočne viličare, čija je osnovna razlika način rukovanja kontejnerima. Čeoni viličari (Slika 20.), (eng. fork lift) imaju veoma važnu ulogu u unutarnjem transportu luka i terminala. Jednostavni su za upravljanje, imaju vrlo veliku produktivnost i fleksibilnost, a i relativno nisku cijenu [20].



Slika 20. Čeoni viličari

Izvor:

https://www.konecranes.com/sites/default/files/styles/max_1300x1300/public/main_image/ch_picture_konecranes.jpg?itok=z0ksROIn (Pristupano 02.07.2020.)

Za rad na kontejnerskim terminalima upotrebljavaju se viličari nosivosti 300 do 500 kN, koji s obzirom na izvedbu teleskopa i broj vodilica, mogu slagati do 5 kontejnera u visinu. Većina kontejnera za tu svrhu ima ugrađene otvore u dnu u koje ulaze vilice viličara. Nedostatak čeonih viličara u procesu rukovanja s kontejnerima je veći broj oštećenja kontejnera u odnosu na druga prijevozno-prekrcajna sredstva. [20]

Bočni viličari imaju niz tehničkih značajki veoma sličnih čeonim viličarima, no sam naziv upućuje na to da se kontejnerima rukuje s pomoću hvatača koji se nalazi paralelno s uzdužnom osi sredstva. Bočni viličar omogućuje veću iskoristivost skladišnog prostora, te može manipulirati teretom po dužini u smjeru kretanja, jer ima uređaj koji se može bočno izvući, dok se čeoni viličar za utovar i istovar tereta mora okrenuti u radnom prostoru kako bi se postavio okomito u odnosu na teret. Pogone se motorima SUI s hidrauličkim uređajem za dizanje i spuštanje tereta, a za rad s kontejnerima imaju nosivost 320 do 450 kN s brzinom vožnje i do 50 km/h [20].

4.3.7. Tegljači (traktori) i prikolice za kontejnere

Tegljači (traktori), (Slika 21.), upotrebljavaju se u unutarnjem transportu luka i industrijskih pogodna za vuču običnih i specijalnih prikolica. Zbog različitih područja upotrebe razvilo se više vrsta tegljača, a razlika među njima je u konstrukciji, snazi i veličini. U uvjetima koji zahtijevaju prijevoz kontejnera na veće udaljenosti, upotrebljavaju se specijalne izvedbe tegljača i prikolica. Za tu svrhu najčešće se primjenjuju posebne izvedbe tegljača pogonjenih dizel motorom, snage 45 kW do 98 kW s mogućom brzinom vožnje do 60 km/h [20].

Kontejnerske prikolice (Slika 21.), predstavljaju ekonomična transportna sredstva jer su vrlo jednostavne građe, a svedene su na glavne nosače i pokretni sustav na koji se odlažu kontejneri. Razlikuju se dvije vrste prikolica: niske prikolice za unutarnji transport i cestovne prikolice za javni cestovni transport, od kojih su razvijeni mnogi modeli [20].



Slika 21. Tegljač sa kontejnerskom prikolicom

Izvor: https://www.silive.com/resizer/mB1OzkiwkUxLs8P4oznCiD2Mk9A=/1280x0/smart/advancelocal-adapter-image-uploads.s3.amazonaws.com/image.silive.com/home/silive-media/width2048/img/editorials_impact/photo/truckjpg-9e27e954b89763b1.jpg (Pristupano 02.07.2020.)

Cestovne prikolice za javni cestovni prijevoz obično su tipa skeletnih prikolica. Nešto su lakše od klasičnih prikolica s nosivom platformom. Opremljene su kutnim okovima za pričvršćivanje kontejnera za vrijeme prijevoza i vodilicama za brzo postavljanje kontejnera pri ukrcaju. Ovisno o nosivosti, prikolice imaju više pari gumenih kotača manjeg promjera. Nosivost im je od 12 do 60 tona, dužina od 6,1 do 18,3 metra, a širina 2,5 metara, što odgovara dimenzijama ISO kontejnera. Sustav primjene prikolica omogućuje najbrže kretanje kontejnera na terminalu, jer se kontejneri ne slažu u visinu i u svakom trenutku su dostupni i mobilni. Međutim, za takav način rukovanja s kontejnerima potrebno je raspolagati s velikom površinom terminala i velikim brojem prikolica. Također, postoje i prikolice specijalne izvedbe tzv. LUF-prikolice (eng. lift unit frame), koje se sastoje od posebnog okvira s kotačima na zadnjoj strani, dok se prednji dio prikolice podigne s pomoću specijalnog tegljača koji vuče prikolicu do odredišta [20].

5. Upravljanje manipulacijskim jedinicama na kontejnerskom terminalu sustavom Virtualne stvarnosti – primjer iz prakse

U ovom radu, prikazana je mogućnost primjene virtualne stvarnosti kao primjer upravljanja manipulacijskim sredstvima na kontejnerskom terminalu u Rijeci. Oprema koja se koristila za ostvarenje ovog rada je HTC Vive uređaj koji je kompatibilan s Unity Engine-om. Unity Engine je sustav koji pruža podlogu i okvir za izradu 2D ili 3D aplikacijskih scena, primarno namijenjen za razvoj video igara, iako nije ograničen tom činjenicom. Duboka podloga za izradu fizike i 3D prostora ovoga sustava, omogućuje preciznu vizualizaciju i virtualizaciju 3D prostora, predmeta i fizike njihove interakcije. Naime, moguće je razviti simulacije raznih stvarnih scenarija koje korisnik može u stvarnom vremenu promatrati i upravljati. Mogućnost upravljanja svojstava svih 3D predmeta unutar kreiranog 3D prostora pruža veliku fleksibilnost za bolji razvoj 3D scene. Zatim, Unity Engine podržava širok raspon platformi / tehnologija virtualne stvarnosti, od kojih je jedna SteamVR. SteamVR služi kao most koji spaja softver i hardver, i omogućuje povezivanje Unity Engine-a s uređajem za prikaz virtualne stvarnosti. Kako bi se pospješio doživljaj simulacije, potrebno je imati što precizniji i realniji prikaz samog 3D prostora. Tako će korisnik simulacijske scene imati stvarnije iskustvo u prostoru. Percepcija dubine je važan aspekt tog iskustva, zatim je potrebno imati tehnološku potporu koja će omogućiti potpuni prikaz 3D prostora [10].

Analogno tome, Unity Engine je bio optimalni sustav za realizaciju virtualne stvarnosti manipulacije kontejnera na promatranom kontejnerskom terminalu. Ovaj sustav se koristio prvotno iz razloga što prikazuje stvarniju sliku, odnosno bolji osjećaj dubine i osjećaja prostora za razliku od sustava CAVE-a, u kojem korisnik nema toliko trodimenzionalan osjećaj koliko bi imao u HMD-u (Head Mounted Display) [11], u ovom slučaju HTC Vive uređaju. HTC Vive je kompatibilan s Unity Engine-om u kojem su autori izradili scene, dizajnirali modele prema realnim podacima i implementirali realne varijable u sustav dobivene od strane operative na kontejnerskom terminalu u Rijeci.

Unity Engine nudi razrađene osnovne funkcionalnosti za izradu 3D okoliša za simulaciju, koje su omogućili autorima da se fokusiraju na razvijanje specijaliziranih elemenata scene, dok se sam sustav brine o nižim tehničkim detaljima [12]:

- Sustav za prikazivanje (rendering) odgovoran je za generiranje grafičkog prikaza i konverziju izračunatih grafičkih poligona u odgovarajuće vizualne prikaze. To je jedan od najosnovnijih dijelova Unity Engine-a, budući da definirane objekte u sceni donosi na vidljive slike.
- Sustav skripti pruža alate za definiranje logike scena i dodavanje inteligencije objektima scene. Unity Engine koristi programski jezik C# za razvoj programske logike unutar scena. Unity Engine također pruža razne biblioteke i unaprijed izrađene skripte, koje olakšavaju kreaciju određenih elemenata unutar skripte.
- Ulazni sustav se koristi za rukovanje korisničkih ulaza, koji se daju specijaliziranim kontrolerima hardvera za prikazivanje virtualne stvarnosti. U logici scene, događaji se mogu povezati s apstraktnim imenima ulaza, umjesto da ih se teško kodira na fiksne ulazne vrijednosti.
- Sustav fizike koristi se za modeliranje fizičkog ponašanja objekata primjenom koncepata poput gravitacije, trenja i fizičkih sila na njih. Fizička obrada obično je odvojena od prikaza, što znači da vidljivi 3D objekt može ili ne mora imati fizičko tijelo koje je priključeno na njega.
- Audio sustav obrađuje zvučne efekte i pozadinske zvukove, te ih pretvara u odgovarajuće audio događaje na hardveru. Sustav također treba mijenjati kvalitete zvuka temeljene na udaljenosti između slušatelja i izvora zvuka. Daljnji efekti mogu se dodati u skladu s okruženjem u kojem se zvuk reproducira.

Unutar simulacije, potrebno je kreirati okoliš u kojem će se korisnik suočiti sa svim izazovima kao da upravlja stvarnom mehanizacijom. Važno je dobro definirati i prenijeti sve stvarne parametre u virtualnu stvarnost, kao i definirati ishode simulacije kako bi se korisnik mogao u potpunosti informirati i obrazovati u vezi upravljanja mehanizacijom [13].

Kako je potrebno simulirati sve elemente fizike u potpunosti, uključujući kretanje i ponašanje mehanizacije i njezinih elemenata, kao i fizičku interakciju koju mehanizacija ima s kontejnerima, dolazi do velike potrošnje radnih resursa sustava koji pokreće virtualnu stvarnost. Od svake mreže 3D modela unutar scene stvara se fizikalni objekt, nad kojim se radi velika količina matematičkih funkcija kako bi se u stvarnom vremenu izračunalo ponašanje svakog 3D objekta [14]. Da bi se osigurale optimalne performanse, kao i smanjilo opterećenje procesiranja nad samim hardverom, potrebno je bilo odvojiti pojedinačne elemente cjelokupnog terminala u manje scene, gdje korisnik ima mogućnosti iskusiti simulaciju u virtualnoj stvarnosti za svaki od procesa koji se odvijaju na lučkom terminalu.

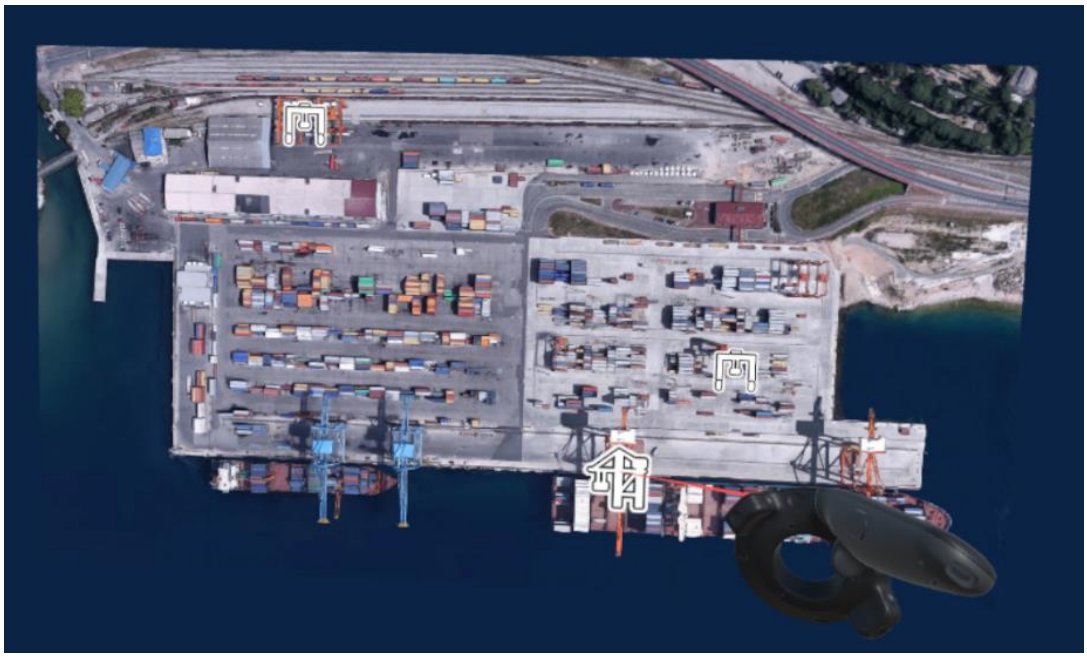
U ovom radu, virtualna stvarnost sastoji se od glavne navigacijske scene u kojoj korisnik može izabrati lokaciju, odnosno upravljanje jednom od tri vrste manipulacijske opreme na terminalu (dizalice). Prvi izbor, odnosno prva scena je ukrcavanje kontejnera na brod ili iskrcavanje kontejnera s broda na kopno.

U ovoj sceni nalazi se tegljač za prijevoz kontejnera po terminalu koji dolazi do lučke obalne dizalice s kontejnerom koji se mora ukrcati na brod. U drugom slučaju, odnosno kod iskrcaja, dolazi prazan tegljač koji stane kod lučke obalne dizalice i čeka da se iskrca kontejner s broda te postavi na tegljač.

Drugi izbor, odnosno druga scena je relociranje kontejnera na odlagalištu, odnosno odlaganje kontejnera s tegljača koji razvozi kontejnere na terminalu na odlagalište koristeći opremu kontejnerski prijenosnik ili obratno. Treći izbor, odnosno treća scena je ukrcavanje kontejnera na željezničke vagone koristeći dizalicu za iskrcavanja kontejnera ili iskrcavanje kontejnera sa željezničkih vagona na tegljač koji razvoze kontejnere po kontejnerskom terminalu.

5.1. Navigacijska scena virtualne stvarnosti

Unutar ove scene, korisnik „cilja“ laserskom zrakom na jednu od tri ikone koje su prikazane na mapi kontejnerskog terminala u Rijeci. Slikom 22. je prikazana scena u kojoj korisnik „cilja“ na jednu od ikona. Nakon što korisnik pritisne „trigger“ na upravljaču (kontroleru), naći će se unutar mehanizacije na terminalu (dizalice) gdje će imati mogućnost manipuliranja kontejnerima.



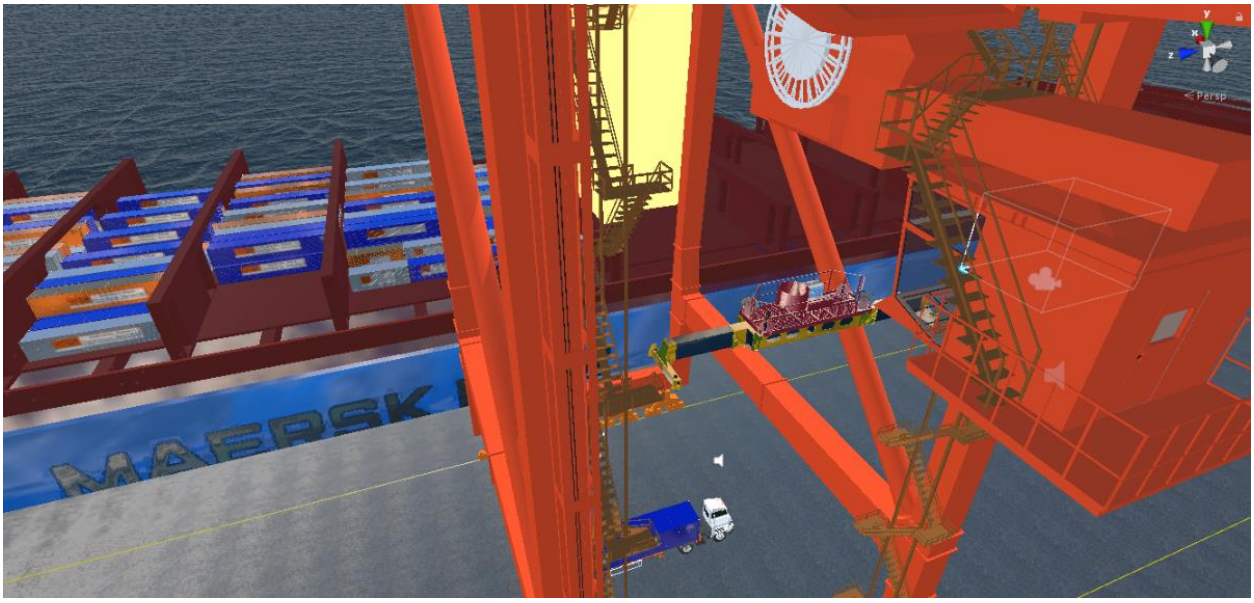
Slika 22. Prikaz glavne navigacijske scene virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Izvor: Izradio autor

Kada korisnik „nacilja“ jednu od dostupnih ikona (scena), ista se poveća kako bi se korisniku pružila informacija kako može pristupiti određenoj sceni. Na slici 22. je također vidljiva zraka koja izlazi iz kontrolera unutar virtualne stvarnosti, kako bi korisniku bilo olakšano korištenje. Korisnik ima mogućnost povratka u glavnu navigacijsku scenu virtualne stvarnosti pritiskom određenog gumba na kontroleru. Na taj način korisnik može ponovno odabrati neku drugu scenu virtualne stvarnosti.

5.2. Prva manipulacijska scena virtualne realnosti

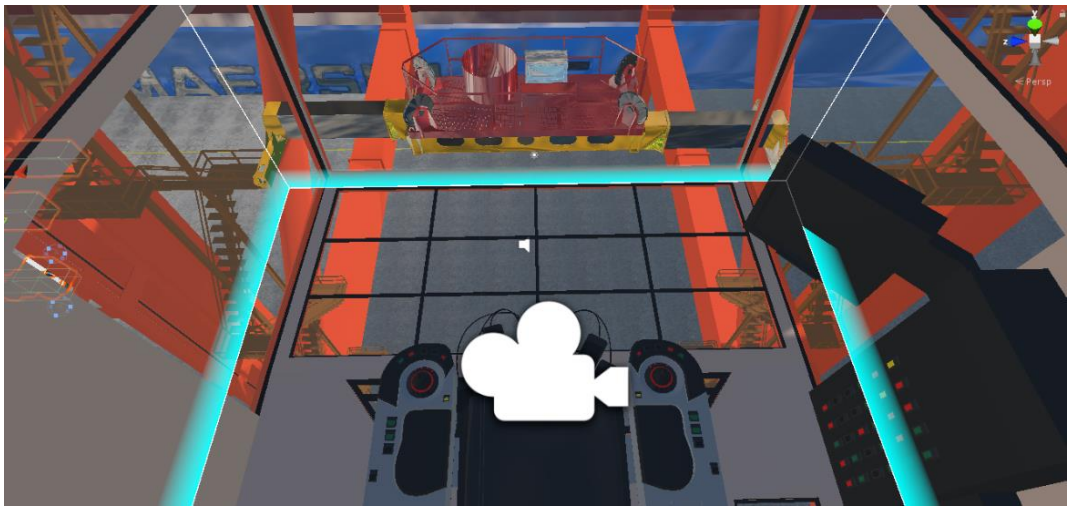
U prvoj sceni, korisnik se nalazi unutar kabine lučke obalne STS (Ship-to-Shore) dizalice, u kojoj pomoću dva kontrolera upravlja kretanjem dizalice i hvataljkom za kontejnere (spreader) kojom dohvaća kontejnere. Hvataljka je mehanički i električno povezana s motorima dizalice pomoću čvrstih kabela. Kontejner je zakačen/otkvačen pomoću četiri kutna cilindra na svakom rubu hvataljke. Kontejneri se prenose s broda na obalu kombinacijom dvaju pokreta: hvataljka sa zakvačenim kontejnerom se podiže na maksimalnu slobodnu visinu, zatim se dizalica sa svojim teretom kreće duž tračnica mosta od same dizalice [15]. Slikom 23. prikazana je dizalica kojom korisnik upravlja i brod na kojem se nalaze kontejneri te tegljač koji je pristigao na mjesto ispod dizalice kako bi korisnik mogao prihvatiti kontejner i smjestiti ga na određenu poziciju na brodu. U sceni je moguće zadavanje zadataka korisniku, odnosno nasumično određivanje mjesta pohrane kontejnera na točnu poziciju na brodu. Na ovaj način omogućeno je testiranje korisnika virtualne stvarnosti.



Slika 23. Prikaz prve scene virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Izvor: Izradio autor

Slikom 24. prikazana je kabina lučke obalne dizalice u kojoj se osoba nalazi (bijela ikona kamere prikazuje gdje se nalazi početna točka promatranja okoline unutar kabine), izrađenu s ciljem što stvarnijeg i realnijeg prikaza prilikom upravljanja lučkom obalnom dizalicom. Bijela ikona koja izgleda kao kamera na slici 24. je zapravo pozicija korisnika unutar scene.



Slika 24. Prikaz unutrašnjosti kabine unutar lučke obalne dizalice

Izvor: Izradio autor

5.3. Druga manipulacijska scena virtualne realnosti

U drugoj sceni, korisnik se nalazi u dizalici na kontejnerskom odlagalištu, kontejnerskom prijenosniku (RTG - Rubber Tyred Gantry Crane). U ovoj sceni korisnik ima mogućnost relocirati kontejnere na odlagalištu, pohraniti kontejnere na odlagalište s tegljača ili odložen kontejner prebaciti na tegljač koji kontejner prevozi na odredišnu lokaciju na terminalu.

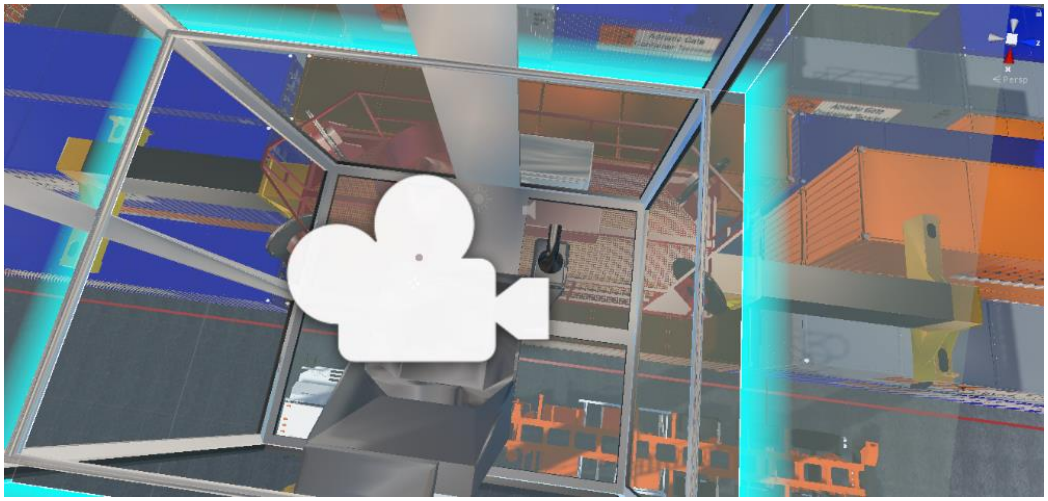
Slikom 25. prikazana je scena na kojoj je vidljiva linija kojom se kreće kontejnerski prijenosnik, tegljač koji razvozi kontejnere i odlagalište označeno linijom gdje se nalaze pohranjeni kontejneri.



Slika 25. Prikaz druge scene virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Izvor: Izradio autor

Slikom 26. prikazana je unutrašnjost kabine kontejnerskog prijenosnika u kojoj se korisnik nalazi, izrađenu s ciljem što stvarnijeg i realnijeg prikaza prilikom upravljanja kontejnerskim prijenosnikom i manipuliranju kontejnerima. Bijela ikona koja izgleda kao kamera predstavlja poziciju korisnika u sceni, odnosno unutar kabine kontejnerske dizalice.



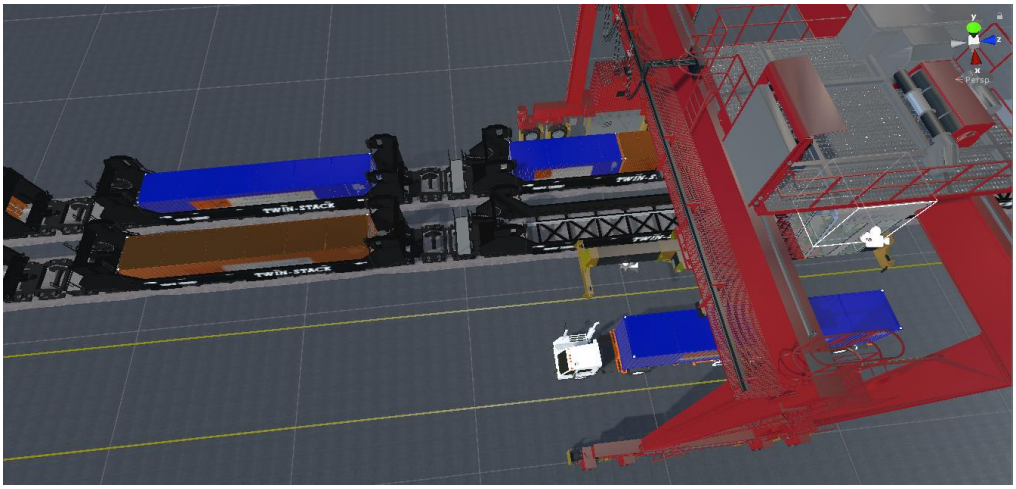
Slika 26. Prikaz unutrašnjosti kabina unutar kontejnerskog prijenosnika

Izvor: Izradio autor

5.4. Treća manipulacijska scena virtualne realnosti

U trećoj sceni, korisnik se nalazi u dizalici na željezničkom kolosijeku. Ova scena pruža korisniku manipulaciju kontejnerima na način da ukrcava kontejnere na željezničke vagone ili iskrcava kontejnere sa željezničkih vagona na tegljače koje razvoze kontejnere po terminalu do određene lokacije.

Slikom 27. prikazana je opisana scena virtualne stvarnosti. Na slici 27 je također vidljiva linija gdje se tegljač smije kretati, pozicija bijele kamere koja predstavlja poziciju korisnika u sceni virtualne stvarnosti, tegljač koji razvozi kontejnere te željeznički kolosijek s pripadajućim vagonima.



Slika 27. Treća manipulacijska scena virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Izvor: Izradio autor

Na slici 28. prikazana je unutrašnjost kabine u trećoj manipulacijskoj sceni virtualne stvarnosti i lokacija korisnika prilikom upravljanja dizalicom, odnosno prilikom manipuliranja kontejnerima. Isto tako vidljiva je bijela ikona koja predstavlja poziciju iz koje korisnika upravlja dizalicom u trećoj manipulacijskoj sceni virtualne stvarnosti.



Slika 28. Prikaz unutrašnjosti kabina unutar dizalice na željezničkom kolosijeku

Izvor: Izradio autor

Virtualna stvarnost ima mjesto u obrazovanju i osposobljavanju. Istraživanja o obrazovnim primjenama VR-a, kao i istraživanja o obrazovnoj upotrebi simulacija, pokazala su svoju vrijednost. Postoji mnogo razloga za korištenje VR-a i prednosti korištenja VR-a.

6. Zaključak

Jedan su od najvažnijih elemenata u lučkim kontejnerskim terminalima, tehnološki procesi. Tehnološki procesi predstavljaju aktivnosti na terminalu koje se provode s ciljem što kvalitetnijega rukovanja teretom, a za koje su potrebni odgovarajući tehnološki elementi i rad u stvarnom vremenu. Optimizacijom procesa prihvata i pohrane kontejnera, kao najvažnijim tehnološkim procesima na lučkim terminalima, moguće je ostvariti uštede u vremenu i brzini prekrcaja kontejnera te time u konačnici pružiti kvalitetniju uslugu svojim klijentima, kao i financijske uštede.

Iz ovoga rada, vidljivo je da nije nužno potreban specijalizirani hardver i softver za potpunu simulaciju i virtualizaciju funkcijskih procesa terminala. Iako je važno uočiti da specijalizirani hardver za ulazne jedinice, tj. pravilna replika kontrolnih površina unutar dizalica, nudio bi kvalitetnije uranjanje u virtualnu stvarnost i realističniji osjećaj upravljanja elemenata unutar svake kreirane scene. Problem je što takva vrsta specijaliziranog hardvera nije lako dostupno na općem tržištu, stvarajući potrebu pronalaženja alternativi. Osim samog hardvera za kontroliranje dizalica unutar scena, Unity Engine je bio adekvatan alat za izradu potpune simulacije. Bogata podloga fizike i ostale funkcionalnosti niže tehničke razine, omogućuju fokusirani pristup radu i pravilnu interakciju između svakog elementa unutar scene.

Rezultat izrade virtualnog okruženja je prvo u Hrvatskoj izrađeno virtualno okruženje kontejnerskog terminala. Virtualno okruženje koristiti će se i u procesu nastave na Fakultetu prometnih znanosti, kao suvremeni alat za virtualni prikaz tehnologije rada kontejnerskih terminala. Svaki dio ovoga okruženja ostaje otvoren i dostupan za potencijalnu nadogradnju u budućnosti.

LITERATURA

[1] Acevedo D., Joukowsky M.S., Laidlaw D.H.E.: Vote, Archaeological data visualization in VR: analysis of lamp finds at the great temple of Petra, a case study. Zbornik radova konferencije IEEE Visualisation. 493.-496. 2001

[2] Brooks F.P.: What's Real About Virtual Reality?, IEEE Computer Graphics and Applications, 19(6):16-27. 1999.

[3] Cosmina I.: A Glance into Virtual Reality Development using Unity, The Bucharest University of Economic Studies. Romania, Informatica Economică. 22(3). 2018

[4] Gervautz M., Mazuryk T.: Virtual Reality: History, Applications, Technology and Future, Vienna University of Technology, Austria. 1996.

[5] Coiffet P.: Virtual Reality Technology, John Wiley & Sons, 2nd Edition, New York, United States of America. 2003.

[6] Kenyon R.V.: The CAVE automatic virtual environment: characteristics and applications, NSF Grant number IRI-9213822, 150–167. 2017.

[7] Jarvis C., Lovset T., Patel D.: Revisiting Virtual Reality Training using Modern Head Mounted Display and Game Engines, Christian Michelsen Research AS. Bergen. Norway. 2015.

[8] Lau H., Chan L., Wong R.: A virtual container terminal simulator for the design of terminal operation, Int J Interact Des Manuf. 1:107–113. 2007

[9] Shu F., Mi W., Xu Z.: The Information Sharing Platform for Port Container Terminal Logistics using Virtual Reality, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics. August 18 – 21. Jinan, China: 2570-2575. 2007

[10] Megha P., Nachammai L., Ganesan T.M.S.: 3D Game Development Using Unity Game Engine, International Journal of Scientific & Engineering Research. 9(3): 1353-1356. ISSN 2229-5518. 2018.

[11] Patel K., Bailenson J.: The Effects of Fully Immersive Virtual Reality on the Learning of Physical Tasks, Electrical Engineering and Computer Science. University of California at Berkley. Berkley. California. 2006

[12] Lahtinen S.: Utilization of Game Engine in Simulation Visualization. Tampere University of Technology. Finland. 2016

[13] George A., McLain M.L., Bijlani K., Jayakrishnan R., Bhavani R.: A Novel Approach for Training Crane Operators - Serious Game on Crane Simulator. IEEE 8th International Conference of Technology for Education. 116-119. 2016

[14] Perez S., Baumgart E.: Three-Dimensional Engine Simulators with Unity3D Game Software. The 13th Annual General Assembly of the IAMU. International Association of Maritime Universities. 2014. Dostupno na: https://pdfs.semanticscholar.org/ac93/a46abe95fa04037964056d84c69c289d32c5.pdf

[15] Bruzzone A., Fadda P., Fancello G., Bocca E., D'Errico G., Tremori A.: Ship-to-Shore Gantry Crane Simulator Design: Crane Operator Performance Analysis and Assesment tool of Cagliari University. CIREM - University of Cagliari. Italy. 257-267. 2008.

[16] Bloomberg, D.J., LeMay, S., Hanna, J.: Logistika, Zagrebačka škola ekonomije i menadžmenta, Biblioteka Gospodarska misao, 2006.

[17] Dundović, Č., Hess, S.: Unutarnji transport i skladištenje, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka 2007. [6]Zelenika, R.: Logistički sustavi, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka 2005.

[18] https://jasoren.com/augmented-reality-warehouse/ (Pristupano 09.06.2020.)

[19] https://jasoren.com/what-augmented-reality-is-and-how-it-works-the-ultimate-tutorial/ (Pristupano 09.06.2020.)

[20] Dundović, Č.: Lučki terminali, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2002.

[21] Jolić, N.: Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008. p. 92

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz CAVE sustava

Slika 2. Oculus Rift naočale

Slika 3. HTC Vive

Slika. 4. Project Morpheus

Slika 5. Konstrukcija CAVE uređaja na Sveučilištu u Hong Kong-u

Slika 6. Prikaz informacija kontrolnog tornja unutar korisničkog sučelja prilikom korištenja CAVE simulacije

Slika 7. Prikaz rada korisnika kod upravljanja dizalicom unutar CAVE uređaja koji zaprima informacije od kontrolnog tornja prilikom manipuliranja kontejnerima

Slika 8. Prikaz na bazi virtualne stvarnosti planiranja kontejnerskog terminala

Slika 9. Prikaz naočala Vision pickinga DHL-a i sučelja optimalnog puta

Slika 10. Sučelje Vision pickinga kojim se koriste komisionari u DHL-u

Slika 11. Shematska struktura lučkog kontejnerskog terminala

Slika 12. Moduli slaganja kontejnera – tlocrt

Slika 13. Univerzalni hvatač kontejnera (spreader)

Slika 14. Evolucija kontejnerskih (mosnih) dizalica

Slika 15. Lučka mobilna dizalica

Slika 16. RTG dizalica

Slika 17. RMG dizalica

Slika 18. Portalni prijenosnik malog raspona

Slika 19. Autodizalica (eng. Reach-Stacker)

Slika 20. Čeoni viličari

Slika 21. Tegljač sa kontejnerskom prikolicom

Slika 22. Prikaz glavne navigacijske scene virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Slika 23. Prikaz prve scene virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Slika 24. Prikaz unutrašnjosti kabine unutar lučke obalne dizalice

Slika 25. Prikaz druge scene virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Slika 26. Prikaz unutrašnjosti kabina unutar kontejnerskog prijenosnika

Slika 27. Treća manipulacijska scena virtualne stvarnosti kontejnerskog terminala

Slika 28. Prikaz unutrašnjosti kabina unutar dizalice na željezničkom kolosijeku

POPIS TABLICA

Tablica 1. Osnovne karakteristike mostnih dizalica