

Projektovanje simulacionog modela integrisane telekomunikacione i računarske mreže taktičkog KIS-a

Slobodan Miletić, Tugomir Kokelj, Mladen Manjak

Sadržaj – Definisane opštih principa i načina pristupa u projektovanju modela integrisane telekomunikacione i računarske mreže komandno informacionog sistema taktičkih jedinica vojske sa ciljem implementacije u simulacioni model. U radu je ukazano na telekomunikacione standarde, parametre i zahteve koje treba sagledati. Dat je vremenski kriterijum za ocenu stanja parametara u mreži i ocenu postignute taktičke efikasnosti. Definisana je osnovna struktura preliminarnog simulacionog modela i način izvođenja varijanti rešenja u cilju optimizacije.

Ključne reči –komandno-informacioni sistem, KIS, integrisana telekomunikaciona i računarska mreža, mrežni element, simulacioni model, vreme kašnjenja, tehnologija prenosa, mrežni saobraćaj, servis, preliminarni model

I. UVOD

KOMANDNO informacioni sistem (KIS) zastupljen na nivou taktičkih jedinica vojske ima osnovnu namenuda funkcionalno i strukturno uveže sve tehničko-tehnološke elemente u jednu funkcionalnu celinu čiji je zadatak da upotrebom dobijenih podataka i distribucijom informacija čoveku olakša proces donošenja odluka i komandovanja. KIS jesadržajno ekvivalentan pojmu Command Control Communication Computers Intelligence Surveillance Reconaissance (C4ISR). Osnova KIS-a je njegova infostruktura koju sačinjavaju elementi za generisanje podataka i informacija, centri za fuziju informacija, elementi za distribuciju informacija, i krajnji korisnici. Način savremenog ratovanja i vođenja borbenih dejstava zahteva da se u fazama projektovanja i realizacije samog KIS-a u što većoj meri primeni koncept mrežno-centričnog ratovanja (Network Centric Warfare) kojim se postiže stvaranje veće borbene moći efikasnim umrežavanjem prostorno udaljenih elemenata borbenih jedinica, ostvaruje veći nivo zajedničkog saznanja o situaciji na bojištu, postiže bolja međusobna sinhronizacija i izvršenje [1]. Realizacija većeg stepena umreženosti elemenata borbene jedinice zavisi od vrste jedinice odnosno njene organizacione strukture, borbene namene, dodeljenih funkcionalnih i borbenih zadataka kao i od predviđenog prostornog rasporeda na bojištu.

U pogledu projektovanja elemenata infostrukture KIS se može definisati kao skup hardverskih i softverskih rešenja pomoću kojih se u realnom vremenu ostvaruje integracija organizacionih struktura, doktrina, tehničko-tehnoloških sistema i sredstava, informacionih tokova i procesa u cilju efikasnog i racionalnog odlučivanja i funkcionisanja [2].

Slobodan Miletić, Generalštab Vojske Srbije, Centar za Komandno Informacione Sisteme i Informatičku Podršku(CKISIP), Kneza Miloša 33, 11000Beograd, Srbija; (telefon:0641116262; e-mail: mscomp@beotel.rs)

Tugomir Kokelj, MO RS, Vojna Akademija, Pavla Jurišića Šturma 33, 11000Beograd, Srbija (telefon 0631034566; e-mail: tugomir.kokelj@sbb.rs)

Mladen Manjak, MO RS, Vojnotehnički institut, Ratka Resanovića 1, 11000Beograd, Srbija; (telefon:064/8042-057; e-mail: marselm@beotel.rs)

Radi izvođenja smernica za definisanje simulacionog modela u radu se teorijski i konceptualno analizira projektovanje komunikacionog dela infrastrukture KIS-a tačnije *integrisana telekomunikaciona i računarska mreža* (ITRM), dimenzionisana da na prostornom rasporedu jedne borbene taktičke jedinice poveže sve njene elemente vršeći integraciju telekomunikacionog i podsistema računara i uređaja u jednu komunikacionu celinu. Analiza modela ITRM je izvršena na primeru osnovne borbene taktičke jedinice (OBTJ) ranga artiljerijskog diviziona.

II. MODELOVANJE OBTJ I ANALIZA POLAZNIH ELEMENATA

Da bi definisali sve neophodne elemente i parametre za projektovanje modela ITRM OBTJ potrebno je izvršiti teorijsku analizu proučavajući literaturu i dokumenta kojim se u organizacionoj strukturi vojske definiše ustrojstvo jedne borbene taktičke jedinice. Pre svega se misli na referentnu literaturu koja uređuje organizacijsko-formacijsku strukturu jedinice, pravila o taktičkoj borbenoj upotrebi jedinice, pravilo komandovanja i rukovođenja, koncepcijske studije razvoja [3], uputstva za operativno planiranje i određivanje borbene efikasnosti taktičkih jedinica. Ovim tipom analize se izdvajaju elementi koji ukazuju na organizacijsku strukturu, funkcije i zadatke, informacione tokove, zastupljene tehničke podsisteme, prostorni raspored elemenata, vremena izvršenja operacija i taktičke komunikacione zahteve.

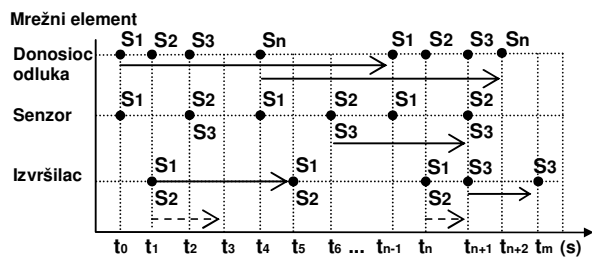
A. Organizaciona struktura

Cilj analize organizacione strukture je izdvajanje elemenata OBTJ koji bi u modelu ITRM imali ulogu mrežnih elemenata. Analiza se sprovedi postupkom dekompozicije strukture primenom principa mrežno-centričnog ratovanja po kojem elemente bojišta odnosno čvorove mreže treba definisati prema njihovim ulogama, odgovornostima, zadacima, odlukama koje donose, međusobnim konekcijama i prirodi informacija koju treba razmenjivati, a zatim izvršiti grupisanje čvorova prema tri osnovna moda u kojima se oni kao elementi bojišta mogu naći [1], a to su: *senzorski, odlučivanje, izvršenje*. Stepenn zastupljenosti moda kod pojedinačnog elementa OBTJ zavisi od njegove uloge u vojnoj operaciji.

B. Funkcije i zadaci

Svaki element organizacione strukture OBTJ, koji u modelovanju ITRM dobija ulogu mrežnog elementa, izvršava jednu funkciju u skupu funkcija ostalih mrežnih elemenata pri čemu je potrebno ostvariti međusobnu vremensku sinhronizaciju početka, trajanja, završetka i ponavljanja funkcija. Sinhronizacija funkcija je određena relacijama regulisanim pravilima komandovanja i rukovođenja (KiR), vremenskim trenucima njihove međusobne inicijalizacije i vremenima trajanja definisanih pravilima operativnih procedura. Navedene funkcionalne i

vremenske relacije su neizostavno bitne u metodologiji simulacije modela ITRM za opis i implementaciji realnog mrežnog saobraćaja. U modelu ITRM funkcije mrežnih elemenata treba posmatrati kao informacione procese kojima će biti pridruženi odgovarajući mrežni aplikativni servisi. Rezultat analize funkcija elemenata OBTJ su vremenske šeme aktivacije i ponavljanja mrežnih aplikativnih servisa po grupama modova kojima pripadaju mrežni elementi i prema operativnoj situaciji. Način izrade i prikaza vremenske šeme za n-funkcija (servisa S) je prikazan na Sl.1 kao načelna forma za detaljnu izradu:



Sl.1 -Načelna šema vremena aktivacije i ponavljanja funkcija (servisa)grupa mrežnih elemenata OBTJ

,gde je t_0 -vreme aktivacije funkcije S1 na mrežnim elementima donosioc odluka i senzor, t_1 -vreme aktivacije funkcija S1 i S2 na mrežnim elementima izvršilac, a S2 na mrežnim elementima donosioc odluka, t_m -vreme do kojeg se aktiviraju sve predviđene funkcije mrežnih elemenata.

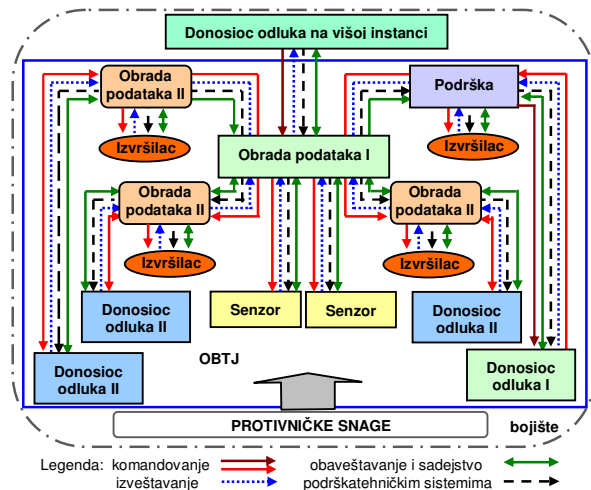
C.Informacioni tokovi

Izvršavanje funkcija putem aplikativnih mrežnih servisa u suštini predstavlja distribuciju podataka i informacija od izvora nastajanja do odredišta gde će njihovo značenje biti iskorišćeno za postizanje određenog cilja. Projektovanje simulacionog modela ITRM OBTJ zahteva da se definišu putanje te distribucije unutar organizacione strukture kao i tip same informacije, što predstavlja informacione tokove određene sistemom komandovanja i rukovođenja (KiR).

Unutar organizacione strukture OBTJ su formirani informacioni tokovi kojima se realizuju sledeće funkcije: komandovanje, izveštavanje, obaveštavanje i sadejstvo, podrška tehničkim sistemima. Radi lakšeg projektovanja topološke i logičke strukture ITRM na Sl.2 je vizuelno prikazana informacionim tokovima uspostavljena relacija između grupa mrežnih elemenata OBTJ.

Jedan od potrebnih parametara za implementaciju mrežnog saobraćaja u simulacioni modela ITRM OBTJ je količina korisnih podataka koji će se informacionim tokovima prenositi od izvora do odredišta. Analizu je potrebno izvršiti najpre sagledavanjem načina prikaza tih podataka prilikom njihove upotrebe u procesu KiR-a (glas, tekst,simbol na karti, slika, video, vreme),transformacijom izvorne informacije u digitalni podatak odnosno u formu elektronskog zapisa i sagledavanjem formata podataka koji se mogu generisati upotrebom aplikacija i hardvera.

Potrebno je izračunati minimalne i maksimalne količine informacija koje se distribuiraju pojedinom mrežnom elementu, a zavisno od funkcije KiR koja se tom prilikom realizuje. Definisani opsezi vrednosti količina generisanih podataka su jedan od ključnih elemenata u projektovanju simulacionog modela, a varijacije tih vrednosti zavise od definisanja konkretnih vremenskih relacija za njihovo generisanje i trajanje, što predstavlja scenario u kojem se opisuje raspodela saobraćaja u mrežnom modelu.



Sl.2 –Informacioni tokovi u OBTJ

Prenos informacija u telekomunikacionoj i računarskoj mreži vojne namene zahteva primenu zaštitnog kodiranja komunikacionih kanala, te je potrebno u postupku određivanja količine podataka za prenos uzeti u obzir i uvećanje za dodatnu količinu kodova potrebnih za njihovu zaštitu (rekonstrukciju,kriptovanje,otkrivanje greške) koja se može primeniti na pojedinim slojevima mrežnog OSI modela. Kodna i kripto zaštita korisnih podataka je neizostavni faktor koji utiče na brzinu prenosa i zahtevani prenosni opseg komunikacionih kanala, a određena je primenjenim tehnikama kodiranja, dužinom, vrstom i načinom distribucije kriptoloških ključeva [4]. Potrebno je postojeće tehnike zaštitnog kodovanja razmatrati u odnosu na efikasnost zaštite koju obezbeđuju, dodatnu količinu unetih podataka, potrebne prenosne kapacitete, zahtevani BER i vremenski ostvarenu taktičku efikasnost.

D.Tehnički podsistemi

Osnovu za realizaciju KIS-a čine tehnički podsistemi koje sačinjavaju svi hardverski i softverski elementi čijom se međusobnom integracijom obezbeđuje komunikaciona fizička struktura neophodna za sprovođenje informacionih procesa i uspostavljanje informacionih tokova. Tehnički podsistemi zastupljeni u KIS-u OBTJ su: **podsystem ITRM** kao osnovna fizička infrastrukturu KIS-a gde je osnovni segment **telekomunikaciona i računarska mreža** kojom se uvezuju svi mrežni elementi i vrši distribucija informacija; **podsystem senzora** kao tehničko-tehnoloških sredstava za automatizovano prikupljanje podataka i koja se analiziraju kao izvori informacija prosleđenih mrežnim elementima na koje su povezani; **podsystem računara** čiji su elementi (serveri, radne stanice, prenosni računari, operativni sistemi, softverske aplikacije, baze podataka) raspoređeni u prostoru sa načinom rada zasnovanim na distribuiranoj obradi informacija i gde su krajnje tačke serveri i radne stanice sa međusobnom komunikacijom tipa tačka-tačka, tačka-više tačaka ili difuzno.

E.Prostorni raspored

Faktor koji u postupku projektovanja modela ITRM u velikoj meri utiče na topološku i logičku strukturu telekomunikacione i računarske mreže, izbor tehnologije i fizičkog medijuma prenosa je raspored elemenata OBTJ u fizičkom prostoru na bojištu. Projektovanje modela ITRM je potrebno izvršiti unutar dimenzionisanog taktičkog

prostora predviđenog za raspored elemenata. Formiranje topološke strukture treba sprovesti u skladu definisanih relacija KiR između elemenata OBTJ komunikacijom tipa tačka-tačka, tačka-više tačaka, primenom odgovarajuće topologije stabla, zvezde, nepotpune ili potpune *mesh* strukture uvezujući celokupan raspored ili sistematski grupisane mrežne elemente. Logičku strukturu treba projektovati sa ciljem realizacije funkcionalnih relacija KiR, informacionih tokova i prostorne organizacije grupa istih elemenata. Analizu i izbor tehnologije i fizičkog medijuma prenosa sprovesti sagledavanjem njihovih tehničko-tehnoloških karakteristika i upotrebljivosti za realizaciju topološke i logičke strukture u prostornom rasporedu uzimajući u obzir vrednosti međurastojanja.

F. Vremena izvršenja

Varijabilnost samih izvora u pogledu količine, brzine, vremenskih trenutaka i intervala trajanja generisanja podataka ukazuje da je vreme izvršenja funkcije KiR jedan od ključnih, a suštinski bitan element za implementaciju mrežnog saobraćaja u simulacioni model. Pravilnim definisanjem izvora i što realnijim opisom toka mrežnog saobraćaja neophodno je pojedinačno za svaku grupu elemenata OBTJ izvršiti analizu *scenarija* sa stanovišta vremena i redosleda izvršavanja pojedinih funkcija KiR, intervala trajanja i ponavljanja, uključujući sve funkcije koje ti elementi izvršavaju. Rezultat ovakve analize treba prikazati u vidu pomenute vremenske šeme aktivacija i ponavljanja funkcija za sve scenarije mrežnog saobraćaja.

G. Taktički komunikacioni zahtevi

Efikasnost taktičke jedinice sa aspekta prisustva KiS-a, koja je navedena u [5] se odnosi na vreme potrebno da informacija od trenutka njenog generisanja na izvoru celokupna stigne kroz sistem na određeno odredište, potpuno tačno, verodostojno i pravovremeno bude dostupna elementu OBTJ koji je koristi za izvršavanje zadatka.

Ovakvi zahtevi se nazivaju taktički komunikacioni zahtevi i potrebno ih je iskazati numeričkim vrednostima komunikacionih parametara, koje se u modelovanju ITRM koriste kao pragovi kriterijuma čija se ispunjenost proverava postupkom simulacije. Mera komunikacionih zahteva koje je potrebno ostvariti projektovanjem ITRM proističe iz taktičkih komunikacionih zahteva koji definišu uslove za taktičku efikasnost OBTJ. Uslovi se odnose na vremena pristizanja i raspolaganja informacijama u procesu KiR-a na prostornim pozicijama elemenata OBTJ, a komunikacioni parametar kojim se ona mogu najbliže definisati je *srednje vreme kašnjenja* paketa kao osnovnog kriterijuma za vrednovanje mreža zasnovanih na komutaciji paketa. Matematička relacija srednjeg vremena kašnjenja T sa komunikacionim parametrima brzinom generisanja saobraćaja (λ_i), srednjom veličinom paketa (\underline{b}), kapacitetom linka (C_i), koja u dovoljnoj meri odražava stanje projektovane mreže i koja je dovoljna kao osnovni kriterijum za ocenu efikasnosti izvedena je u [6] i data sa:

$$T = \sum_{i=1}^M \lambda_i / (\gamma(\eta_i C_i - \lambda_i)) \quad (1)$$

γ – ukupna količina mrežnog saobraćaja, μ – recipročna vrednost srednje dužine paketa \underline{b} . Srednje vreme kašnjenja se može posmatrati na nivou cele mreže, ili između krajnjih i međusobno najudaljenijih tačaka u mreži ili na mrežnom elementu. Na osnovu vremena kao polaznih

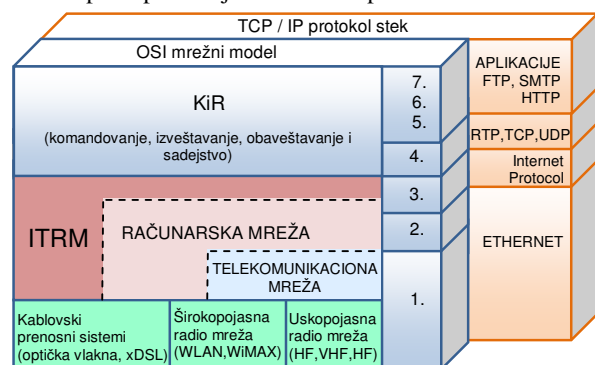
komunikacionih zahteva se za implementiranu tehnologiju prenosa i servis mogu postaviti dodatni komunikacioni zahtevi za kapacitetom linkova i brzinom prenosa.

III. ZAHTEVI ZA PODSISTEM TELEKOMUNIKACIONE I RAČUNARSKE MREŽE

Osnovni kriterijum za definisanje zahteva za podsistem telekomunikacione i računarske mreže sa stanovišta projektovanja modela ITRM i implementacije u simulaciji su: *funkcionalnost* u različitim uslovima rada, *integracija* komunikacionih linkova i računarskih čvorova u jednu celinu, upotreba više tipova linkova za prenos podataka, *skalabilnost*, *multiservisnost*, *kvalitet servisa* (QoS), *pouzdanost* mreže primenom različitih tehnologija prenosa i realizacijom topološke *mesh* strukture sa udvajanjem delova sistema i primenom adekvatnih telekomunikacionih mrežnih protokola, *kapacitet* i *brzina*.

IV. TEHNOLOGIJE PRENOSA

Razmatranje telekomunikacione i računarske mreže sa aspekta tehnika višestrukog pristupa i implementacije različitih tehnologija prenosa u ITRM je neophodan korak potreban da bi se odredile mogućnosti za realizaciju zahtevane funkcije. Izbor tehnike pristupa i tehnologije prenosa predstavlja faktora kojim se određuju da li će i u kojoj meri biti postignuta efikasnost telekomunikacione i računarske mreže, a potrebno ga je sprovesti u odnosu na OSI mrežni model u cilju ostvarivanja kompatibilnosti za međusobno povezivanje različitih telekomunikacionih mreža i mrežne opreme [4]. Na ovaj način se određuju tehnološki uslovi za ispunjenje postavljenih zadataka dok modelovanje ITRM i analiza kroz simulacioni model treba da pokažu i daju smernice u izboru tehnologije prenosa i načinu optimizacije njenih karakteristika. Ovim se postiže prednost u planiranju zadataka koje telekomunikaciona i računarska mreža treba da ispuni. Odnos tehnologije prenosa, ITRM i mrežnih aplikacionih servisa se razmatra sa aspekta OSI mrežnog modela i TCP/IP protokol steka upotrebom Ethernet tehnologije zasnovane na CSMA/CD tehnici pristupa i što je ilustrativno prikazano na Sl. 3.



Sl.3 –Tehnologije prenosa ITRM

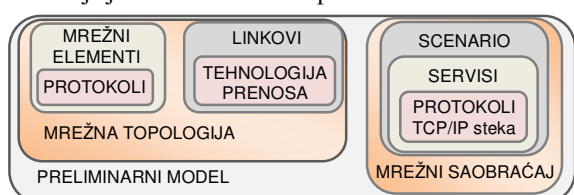
V. SERVISI

Proces razmene informacija se realizuje izvršavanjem aplikacija tipa klijent-server na serverima i radnim stanicama da bi se na njihovim lokacijama u prostornom rasporedu OBTJ sprovedila predviđena funkcija KiR-a. Svaka aplikacija ima pojedinačnu ulogu u distribuciji informacija i u tom pogledu se smatra aplikacionim mrežnim servisom u koji je preslikana funkcija KiR-a.

Uvođenje servisa u postupak modelovanja ITRM je neophodno sa stanovišta definisanja mrežnog saobraćaja i realizovanja zahteva telekomunikacione mrežne strukture. Realizaciju aplikacionih servisa sa različitim zahtevima u simulacionom modelu omogućavaju aplikacije zasnovane na IP paketskom mrežnom saobraćaju primenom protokola TCP/IP steka, što u IP zasnovanim mrežama omogućava transparentni prenos različitih tipova informacija (glas, podaci, audio, video) preko iste mrežne strukture.

VI. PREDLOG REŠENJA I OPTIMIZACIJA ITRM OBTJ

Projektovanje rešenja modela ITRM je postupak u okviru kojeg se na osnovu svih rezultata i postavljenih zahteva proisteklih prethodnom analizom i uz postavljanje potencijalno mogućih dodatnih ograničenja, definišu elementi modela i njihovi međusobni odnosi. Predlog osnovnog rešenja modela ITRM je dat kao *preliminarni model* čija je osnovna struktura prikazana na Sl. 4.



Sl.4–Struktura preliminarnog modela ITRM OBTJ

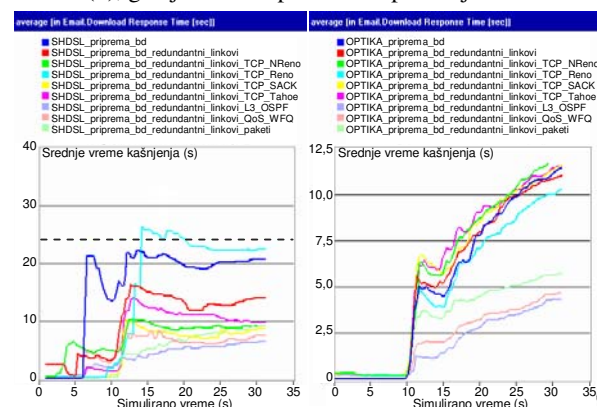
Varijacijom elemenata ove strukture kao i njihovih parametara vrši se izvođenje i optimizacija različitih varijanti rešenja modela u cilju ostvarenja postavljenih komunikacionih zahteva. Projektovanjem simulacionog modela i analizom dobijenih rezultata se sagledavaju postignute optimizacije u izvedenim varijantama modela.

VII. REZULTAT SIMULACIJE MODELA

Polazeći od opisanog koncepta i na osnovu detaljno sprovedene teorijske analize, koja iz objektivnih razloga nije mogla šire da bude opisana u ovom radu, i dobijenih projektnih elemenata u institucijama Ministarstva odbrane i Vojske Srbije izvršeno je projektovanje simulacionog modela ITRM OBTJ sa svim strukturnim elementima. Za vremenski scenario *priprema_bd* i *borbena dejstva* je definisan mrežni saobraćaj i izvedene različite varijante rešenja modela uvođenjem redundantnih linkova, promenom parametara protokola mrežnih elemenata, varijacijom modova TCP protokola, upotrebom QoS u IP protokolu, veličinom paketa i realizacijom linkova između mrežnih čvorova upotrebom SHDSL tehnologije i bakarne parice, Ethernet-a i optičkog kabla, širokopojasne (WLAN, WiMAX) i uskopojasne radio (HF, VHF i UHV) mreže.

Implementacijom simulacionog modela u simulacioni alat OPNET IT Guru dobijeni su mnogobrojni grafički rezultati koji prikazuju srednje vreme kašnjenja kao odziv definisanih mrežnih aplikacionih servisa. Primenom vremenskih kriterijuma izvedeni su zaključci o postignutoj taktičkoj efikasnosti projektovanog modela ITRM OBTJ sa stanovišta upotrebljivosti pomenutih tehnologija i fizičkih medijuma prenosa. Za potrebe ovog rada su na Sl. 5(a) i (b) kao primer prikazani rezultati simulacije tj. vremena odziva prenosa Email servisa na nivou cele ITRM OBTJ gde rezultati na Sl.5(a) pokazuju da se upotrebom SHDSL tehnologije i bakarne parice delom ispunjavaju vremenski kriterijumi ali prostorno ograničava

manevarska taktička efikasnost OBTJ u odnosu na daleko efikasniju upotrebu optičkog kabla prikazanu rezultatima na Sl. 5(b), gde je i domet prostorne upotrebljivosti veći.



Sl.5–Vremena kašnjenja Email servisa u ITRM OBTJ

VIII. ZAKLJUČAK

Primena opisanog koncepta u postupku projektovanja simulacionog modela ITRM predstavlja jedan od načina da se metodološki sagledaju i uključe svi faktori koji utiču na opis realnog modela i sprovede postupak njegove optimizacije. Simulacijom dobijeni rezultati predstavljaju adekvatnu osnovu za izvođenje zaključaka o taktičkoj efikasnosti borbene jedinice postignute distribucijom informacija telekomunikacionom i računarskom mrežom.

Projektovanjem simulacionog modela ITRM se posebno ostvaruje prednost u planiranju i ispravnoj implementaciji tehnologije i fizičkog medijuma prenosa za realizaciju komunikacione strukture KIS-a taktičkih jedinica vojske.

LITERATURA

- [1] D.Alberts,J.Garstka,F. Stein ,“NETWORK CENTRICWARFARE: Developing and Leveraging Information Superiority, 2nd Edition (Revised)” DoD C4ISR Cooperative Research Program, 2000.
- [2] M.Manjak, S. Miletić, “Komandno Informacioni Sistem br KoV (koncept)”, VTGS br.4, 2010.
- [3] S. Maksimović, “Taktički komandno informacioni sistem”, Novi Glasnik br. 6, 1996.
- [4] M.L. Dukić, “Principi Telekomunikacija”, Akademski misao, Beograd, 2008.
- [5] M. Kovač, S. Batinić, T. Kokelj “Uputstvo za određivanje borbenih mogućnosti jedinica KoV”, GŠ VSCG, Sektor KoV; OpU-68, Beograd, 2004.
- [6] V. Sinkovic, “Informacijske Mreže”, Školska knjiga Zagreb 1994.

ABSTRACT

Defining ways and approaches in the design process model of integrated telecommunications and computer networks of tactical command and information system to implement the simulation model. The paper points to telecommunications standards, parameters and requirements that need to be considered in the process of modeling and simulation. Given a time criterion for estimating the state parameters in the network and assessing the achieved tactical efficiency. Defined the basic structure of a preliminary simulation model.

DESIGNING A SIMULATION MODEL OF INTEGRATED TELECOMMUNICATIONS AND COMPUTER NETWORKS OF TACTICAL COMMAND AND INFORMATION SYSTEM
Slobodan Miletić, Tugomir Kokelj, Mladen Manjak