

METODOLOGIJA PROJEKTOVANJA INTEGRISANE TELEKOMUNIKACIONE I RAČUNARSKE MREŽE KOMANDNO-INFORMACIONOG SISTEMA ARTILJERIJSKOG DIVIZIONA ZA VATRENU PODRŠKU

Miletić M. *Slobodan*, Generalštab Vojska Srbije,
Uprava za telekomunikacije i informatiku (J-6),
CKISIP, Beograd,

Kokelj R. *Tugomir*, Univerzitet odbrane u Beogradu,
Vojna akademija, Katedra naoružanja i opreme KoV, Beograd,

Manjak M. *Mladen*, Ministarstvo odbrane Republike Srbije,
Vojnotehnički institut, Odsek elektronskih sistema, Beograd

DOI: 10.2298/vojtehg1202258M

OBLAST: telekomunikacione i računarske mreže
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Komandno informacioni sistem (KIS) može se u širem smislu 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 s ciljem efikasnog i racionalnog odlučivanja i funkcionisanja. Vreme distribucije i kvalitet informacija direktno utiču na sprovođenje procesa donošenja odluka i predstavljaju kriterijume za ocenu efikasnosti sistema u čijem ostvarenju najvažniju ulogu ima integrisana telekomunikaciona i računarska mreža (ITRM) dimenzionisana da na prostornom rasporedu borbene taktičke jedinice poveže sve njene elemente u jednu komunikacionu celinu. Cilj je da se ustanovi metodologija projektovanja ITRM kao način na koji je potrebno sprovesti analizu i izdvojiti sve potrebne elemente za modelovanje koji se preslikavaju u elemente mrežne infrastrukture, a zatim analiziraju sa stanovišta telekomunikacionih parametara i komunikacionih standarda po slojevima OSI (Open System Interconnection) mrežnog modela. Relevantan način za proveru projektovanog modela ITRM sprovodi se izradom simulacionog modela koji daje adekvatne rezultate za donošenje zaključaka o ispunjenosti taktičkih borbenih zahteva i postavljanje taktičkih komunikacionih zahteva za realizaciju ITRM KIS-a artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku.

Ključne reči: *komandno informacioni sistem (KIS), integrisana telekomunikaciona i računarska mreža, ITRM, metodologija, informacioni tok, OSI mrežni model, mrežni element, mrežnocentrični, simulacioni model, vreme kašnjenja, artiljerijski divizion za vatrenu podršku.*

Uvod

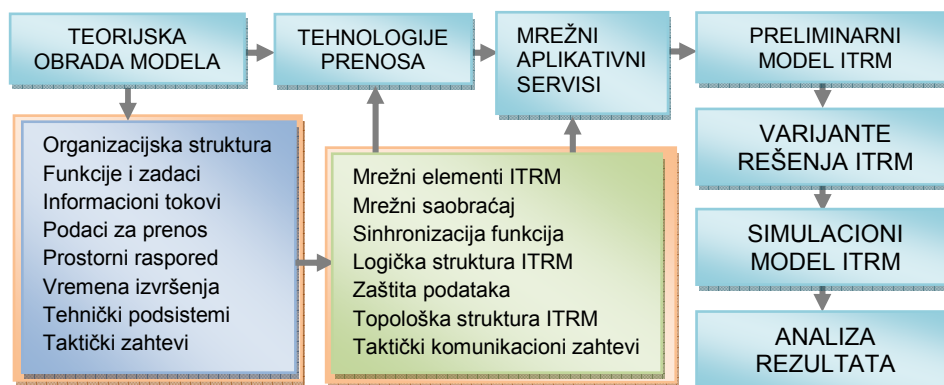
Komandno informacioni sistem (KIS) zastupljen na nivou taktičkih jedinica vojske ima osnovnu namenu da funkcionalno i strukturno uveže sve tehničko-tehnološke elemente u funkcionalnu celinu čiji je zadatak da upotrebom dobijenih podataka i distribucijom informacija u procesu KiR-a olakša donošenje odluka i komandovanje [1]. Vreme distribucije i kvaliteta informacija direktno utiču na proces donošenja odluka i predstavljaju osnovni kriterijum za ocenu efikasnosti sistema u čijem ostvarenju poseban uticaj ima integrisana telekomunikaciona i računarska mreža (ITRM) odnosno telekomunikaciona mreža kao njen sastavni segment. Ovakva uloga ITRM ukazuje na važnost načina projektovanja njenih elemenata i primenu odgovarajućih tehnologija u pristupnom i prenosnom delu sistema. U radu je na primeru taktičke jedinice ranga artiljerijskog diviziona za vatrenu podršku, načelno prikazana metodologija i postupak projektovanja modela ITRM. Analizom se predlaže načelna organizacijsko-formacijska struktura i definišu informacioni tokovi procesa KiR-a između grupa mrežnih elemenata razvrstanih primenom modova mrežnocentričnog koncepta. Razmatra se topološka i logička struktura ITRM uslovljene borbenim rasporedom jedinice na bojištu. Dat je način kojim se taktički komunikacioni zahtevi povezuju sa telekomunikacionim parametrima koji pokazuju stanje u mreži svedeno na srednje vreme kašnjenja informacija. Ukazano je na mrežne aplikativne servise i vrste aplikacija čijim se izvršavanjem na mrežnim elementima ITRM omogućava realizacija operativnih procedura u procesu KiR-a, distribucijom određenih vrsta podataka. Projektni elementi definišu se sa aspekta smernica za njihovu analizu u postupku projektovanja preliminarnog modela, a zatim ukazuje na način za izvođenje različitih varijanti rešenja postupkom njegove optimizacije. Daju se smernice za primenu postupka simulacije i prikazuju rezultati simulacije različitih varijanti rešenja modela ITRM dobijenih upotrebom softverskog simulacionog alata OPNET IT Guru. Na kraju se izvodi zaključak o modelu prema postavljenim taktičkim i komunikacionim zahtevima potrebnim za postizanje zahtevane borbene efikasnosti.

Metodologija i postupak projektovanja ITRM

Metodologija projektovanja modela ITRM KIS-a taktičke borbene jedinice podrazumeva sprovođenje niza analitičkih koraka unutar kojih se primenom određenih postupaka dolazi do elemenata potrebnih za projektovanje mrežnog modela. Predviđeni koraci opisani u [2] su u vidu funkci-

Napomena: Rad je nastao u okviru naučnog projekta „Rentabilan izbor novih tehnologija i koncepcija odbrane kroz društvene promene i strateške orijentacije Srbije“ (III 47029), koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

onalne blok-šeme prikazani na slici 1. S ciljem sveobuhvatne analize i sagledavanja svih elemenata koji imaju uticaj na efikasnost projektovanja modela ITRM, neophodno je sprovesti sve navedene faze i postupke.



Slika 1 – Faze u metodologiji projektovanja ITRM
Figure 1– Phases in the methodology of the ITCN design

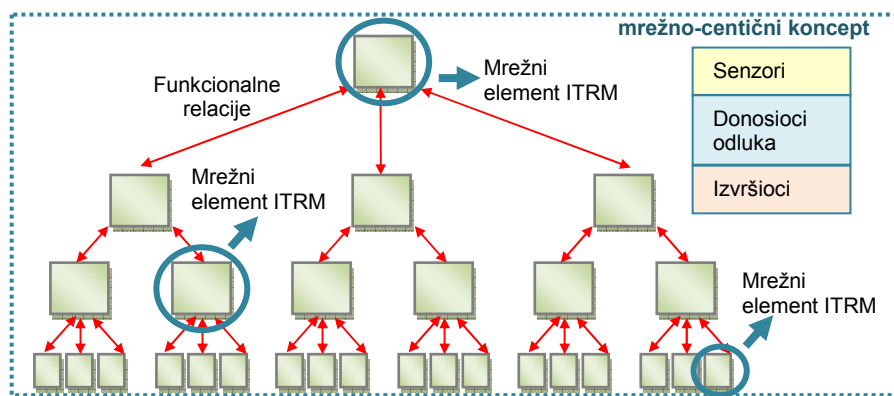
Teorijska obrada modela

Postupak projektovanja modela ITRM počinje teorijskom obradom modela koja u procesu projektovanja KIS-a treba da bude analiza realnog sistema. Analiza se sprovodi proučavanjem literature i dokumenata kojima se u organizacionoj strukturi vojske definiše ustrojstvo jedne borbeno jedinice. Misli se pre svega na literaturu koja definiše organizaciono-formacijsku strukturu jedinice, pravila o taktičkoj borbenoj upotrebi jedinice, pravilo komandovanja i rukovođenja, koncepcijske studije razvoja, uputstva za operativno planiranje i određivanje borbene efikasnosti taktičkih jedinica. Teorijskom analizom izdvajaju se elementi koji ukazuju na *organizacijsku strukturu, funkcije i zadatke, informacione tokove, prostorni raspored elemenata, vremena izvršenja operacija, zastupljene tehničke podsisteme i taktičke komunikacione zahteve*. Analizom se dolazi do odgovora šta treba da obezbedi KIS i kakvu ITRM treba projektovati da bi upotrebom informacionih sistema bili podržani funkcionalni zahtevi korisnika u procesu KiR.

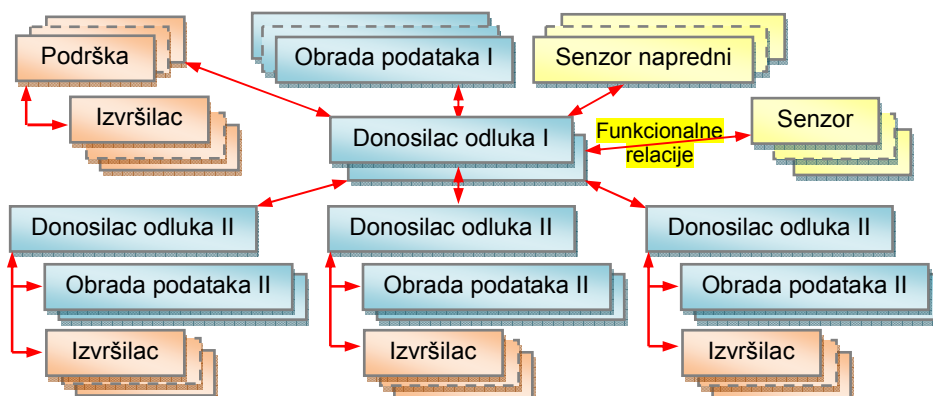
Organizaciona struktura

Cilj analize organizacione strukture jeste izdvajanje elemenata bojišta koji bi u modelu ITRM imali ulogu aktivnih mrežnih elemenata. Analiza se sprovodi postupkom dekompozicije strukture primenom principa mre-

žno-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 [3], a to su: **senzorski**, **odlučivanje**, **izvršenje**. Stepenn zastupljenosti moda kod pojedinačnog elementa bojišta zavisi od njegove uloge u vojnoj operaciji. Primenjujući navedeni postupak izdvajanja mrežnih elemenata (slika 2) na načelnu projekciju organizacijske strukture artiljerijskog diviziona za vatrenu podršku, a koja je u skladu sa strukturom sličnih jedinica vojski drugih država, izvedena je osnovna organizaciona funkcionalna šema jedinice prikazana na slici 3.



Slika 2 – Izdvajanje mrežnih elemenata po mrežno-centričnom konceptu
 Figure 2 – Separation of network elements in the network-centric concept



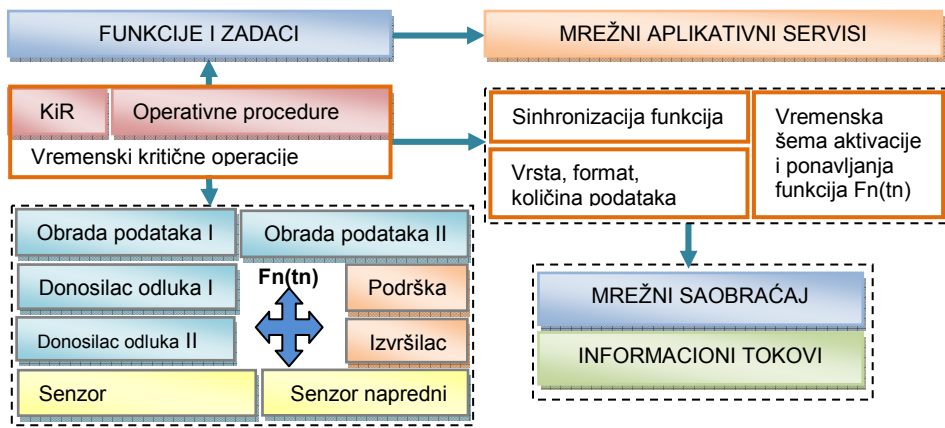
Slika 3 – Organizaciona funkcionalna struktura mrežnih elemenata
 Figure 3 – Organizational structure of the functional elements of the network

Detaljnijom analizom uloga, odgovornosti, zadataka koje obavljaju, odlukama koje donose, međusobnim konekcijama i prirodi informacija koje razmenjuju, izvršena je dodatna pod-klasifikacija elemenata organizacione strukture artiljerijskog diviziona za vatrenu podršku unutar osnovnih mrežnocentričnih modova. To su **senzori** (*senzor i napredni senzor*) za mod senzor, **donosioci odluka** (*donosilac odluka I, donosilac odluka II, obrada podataka I, obrada podataka II*) za mod odlučivanje, **izvršioci** (*podrška i izvršilac*) za mod izvršenje.

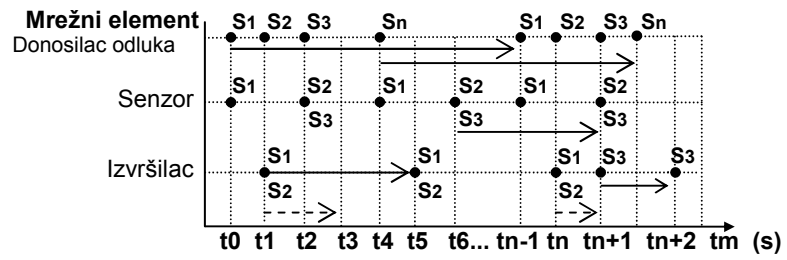
Osnovne funkcionalne relacije između grupisanih mrežnih elemenata izvedene su na osnovu hijerarhije određene procesom KiR-a artiljerijskim divizionom za vatrenu podršku. Navedena podela ima ključnu ulogu u sistematizaciji elemenata mreže prilikom projektovanja mrežne strukture, definisanja radnih stanica, podmreža i mrežnih aplikativnih servisa.

Funkcije i zadaci

Svaki element organizacione strukture 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 određena je relacijama regulisanim pravilima KiR-a, vremenskim trenucima njihove međusobne inicijalizacije i intervalima trajanja određenim u operativnim procedurama. Pored toga, analizom pravila operativnih procedura dolazi se do vrste, formata i količine informacija koja se distribuira u procesu KiR-a za različite vremenski kritične operacije u kojima se artiljerijski divizion može naći, a to su pre svega **priprema borbenog dejstva** i **borbena dejstva**. Navedene funkcionalne i vremenske relacije su neizostavno bitne u metodologiji simulacije mrežnog modela ITRM za opis i implementaciju realnog mrežnog saobraćaja. U postupku modelovanja ITRM funkcije mrežnih elemenata treba posmatrati kao informacione procese kojima će biti pridruženi odgovarajući mrežni aplikativni servisi. Načelne relacije, postupak i rezultat teorijske analize funkcija mrežnih elemenata ilustrativno su prikazani na slici 4. Rezultat analize funkcija i zadataka su vremenske šeme aktivacije i ponavljanja mrežnih aplikativnih servisa za grupe mrežnih elemenata, u odgovarajućoj vremenski kritičnoj operativnoj situaciji. Način izrade i prikaza vremenske šeme aktivacija i ponavljanja za $F_n(t_n)$ funkcije (servisi S_n) načelno je ilustrativno prikazan na slici 5 i predstavlja obrazac za izradu detaljne vremenske šeme, odakle se izdvajaju vremenski elementi potrebni za definisanje saobraćaja mrežnih aplikativnih servisa simulacionog modela.



Slika 4 – Blok šema postupka analize funkcija i zadataka
 Figure 4 – Block diagram of the analysis of functions and tasks



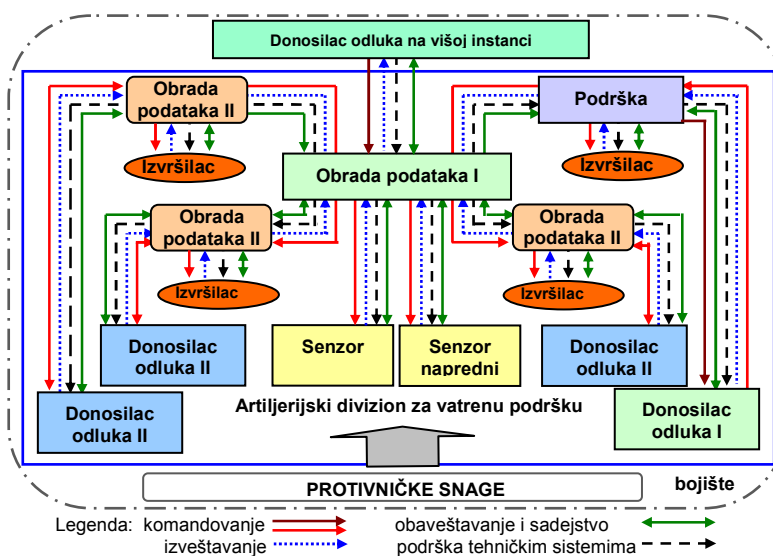
Slika 5 – Načelna šema aktivacije i ponavljanja funkcija (servisa) mrežnih elemenata
 Figure 5 – Basic scheme of the activation and the duplication of functions of network elements

Prema slici 5, t_0, t_1, \dots, t_{n+2} su vremena aktivacije funkcija S_1, S_2, \dots, S_n na mrežnim elementima donosilac odluka, senzor, izvršilac, t_m – vreme do kojeg se aktiviraju sve predviđene funkcije mrežnih elemenata.

Informacioni tokovi

Realizacija funkcija mrežnih elemenata putem mrežnih aplikativnih servisa u suštini predstavlja distribuciju podataka i informacija od izvora nastajanja do odredišta gde će njihovo značenje biti iskorišćeno za postizanje određenog cilja. Informacioni tokovi su putanje kojima se u organizacionoj strukturi usmereno distribuiraju informacije između njihovih izvora i odredišta, gde vrstu informacija određuje sistem KiR-a koji obuhvata skup međusobno povezanih elemenata borbene jedinice čije se međusobne funkcionalne relacije zasnivaju na zakonitostima funkcionisanja vojne organizacije. Na osnovu tih relacija izvodi se matrica mrežnog sao-

braćaja. Distribucija informacija u artiljerijskom divizionu za vatrenu podršku realizuje se po redosledu predviđenim procedurama procesa KiR-a čime se postiže da svi mrežni elementi spoznaju situaciju na bojištu prikazanu putem **zajedničke relevantne operativne slike ZROS** (engl. Common Operational Picture), a u smislu potencijalnih i označenih ciljeva, trenutne borbene moći sopstvenih snaga, kvalitetnijeg i bržeg odlučivanja i pripreme za izvršenje borbenog dejstva. Po izloženom konceptu KiR se posmatra kao organizacioni i informacioni sistem preko kojeg se realizuju funkcije mrežnih elemenata: prijem, slanje i održavanje statusa informacija, procena situacije na bojištu, akvizicija ciljeva i izviđanje protivničkih snaga, priprema i distribucija planova i naređenja, komandovanje potčinjenim snagama. Za distribuciju informacija u organizacionoj strukturi artiljerijskog divizona na bojištu formirani su informacioni tokovi: **komandovanje, izveštavanje, obaveštavanje i sadejstvo, podrška tehničkim sistemima** koji su zbog projektovanja topološke i logičke strukture ITRM prikazani na slici 6.



Slika 6 – Informacioni tokovi u artiljerijskom divizionu za vatrenu podršku
 Figure 6 – Information flows in the division artillery for fire support

Podaci za prenos

Količina korisnih podataka, koji će se informacionim tokovima ITRM prenositi od izvora do odredišta, parametar je potreban za izbor tehnike pristupa, tehnologije i medijuma prenosa kao i za implementaciju mre-

žnog saobraćaja u simulacioni model. Analizu je potrebno izvršiti najpre sagledavanjem načina izvornog prikaza tih podataka prilikom njihove upotrebe u procesu KiR (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.

Pored toga, potrebno je izračunati minimalne i maksimalne količine informacija koje se distribuiraju pojedinom mrežnom elementu, a zavisno od funkcije KiR koja se tom prilikom realizuje. Prenos informacija u ITRM zahteva primenu zaštitnog kodiranja komunikacionih kanala, te je potrebno u postupku određivanja količine podataka za prenos uzeti u obzir i uvećanje za količinu kodova potrebnih za njihovu zaštitu (rekonstrukciju, kriptovanje, otkrivanje greške) koja se može primeniti na pojedinim slojevima mrežnog OSI (*Open System Interconnection*) modela. Kodna i kriptovana zaštita korisnih podataka neizostavni je 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 kodiranja razmatrati u odnosu na efikasnost zaštite koju obezbeđuju, dodatnu količinu unetih podataka, potrebne prenosne kapacitete, zahtevani BER i vremenski ostvarenu taktičku efikasnost.

Memorijske količine izvornih podataka za slanje pojedinom mrežnom elementu prema vrsti informacionog toka kojim se prenosi i funkciji koja se realizuje dobijene su analizom dokumentacije [5]. Pojedinim mrežnim elementima ITRM artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku se za istu funkciju KiR može slati različita količina generisanih podataka, što je potrebno implementirati i u simulacioni model. Kroz informacione tokove u organizacionoj strukturi artiljerijskog divizionu mrežnim elementima se šalju digitalizovani podaci za čije su izvorne formate (poruka glasom, poruka alfanumerička, štampani alfanumerički znaci i tabele, štampane karte i simboli na karti, slika i video) izračunate minimalne i maksimalne količine podataka, što je detaljno izvedeno i tabelarno prikazano u [2].

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. Hardverski i softverski elementi se definišu projektovanjem KIS-a. Tehnički podsistemi KIS-a artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku su: ***podsistem ITRM*** kao osnovna fizička infrastruktura 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 koji se analiziraju kao izvori informacija prosleđenih mrežnim elementima; **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, gde su krajnje tačke serveri i radne stanice sa komunikacijom tipa tačka-tačka, tačka – više tačaka ili difuznoj.

Prostorni raspored

Raspored elemenata artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku na prostoru bojišta je pre svega definisan namenom i pravilima taktičke upotrebe jedinice, dimenzionisan prostornom veličinom zone angažovanja i može biti različit zavisno od operacije koja se obavlja u prostoru. U pogledu modelovanja i projektovanja ITRM, prostorni raspored je faktor koji u velikoj meri utiče na topološku i logičku strukturu telekomunikacione i računarske mreže, izbor tehnologije i fizičkog medijuma prenosa. Projektovanje ITRM sa stanovišta prostornog rasporeda mrežnih elemenata sprovodi se definisanjem sledećih činilaca.

Zona prostornog angažovanja – dimenziono određen prostor u kojem se raspoređuju mrežni elementi, sa međurastojanjima definisanim borbenom namenom jedinice, vrstom i načinom upotrebe borbene tehnike. Ta rastojanja utiču na izbor i mogućnost upotrebe tehnologije i fizičkog medijuma prenosa. **Raspored mrežnih elemenata u zoni angažovanja** – sprovesti u skladu sa pravilima taktičkog rasporeda organizacionih elemenata artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku u propisanim granicama zone njihovog rasporeda vodeći računa o njihovim međurastojanjima i pozicijama. **Projektovanje topološke strukture** – u skladu sa funkcijama i relacijama KiR-a koje treba postići između mrežnih elemenata u komunikaciji tačka-tačka, tačka – više tačaka, odgovarajućom topologijom *stabla*, *zvezde*, nepotpune ili potpune *mesh* strukture uvezujući celokupan raspored ili samo pojedine mrežne elemente. **Projektovanje logičke strukture** – izvršiti uzimajući u obzir realizaciju funkcionalnih relacija KiR, informacionih tokova, i prostornu organizaciju grupa istih mrežnih elemenata. **Analizu i izbor tehnologije i fizičkog medijuma prenosa** – sprovesti u smislu sagledavanja njihovih tehničko-tehnoloških karakteristika i upotrebljivosti za realizaciju definisane topološke i logičke strukture uzimajući u obzir vrednosti međurastojanja. U postupku projektovanja topološke i logičke strukture za dati prostorni raspored potrebno je u što većoj meri implementirati princip mrežnocentričnog ratovanja po kojem treba ostvariti hijerarhijsko povezivanje svih elemenata sa svim elementima.

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 mrežnih elemenata izvršiti analizu scenarija sa stanovišta vremena i redosleda izvršavanja pojedinih funkcija KiR, intervala trajanja i ponavljanja, uključujući sve funkcije koje ti elementi izvršavaju. Rezultat analize saobraćaja opisanog na ovakav način predstavlja **vremenski scenario simulacije** mrežnog modela i treba ga prikazati u vidu vremenske šeme aktivacija i ponavljanja funkcija za scenarije mrežnog saobraćaja u vremenski kritičnim operativnim situacijama (*priprema borbenih dejstava i borbena dejstva*).

Zahtevi za podsistem ITRM

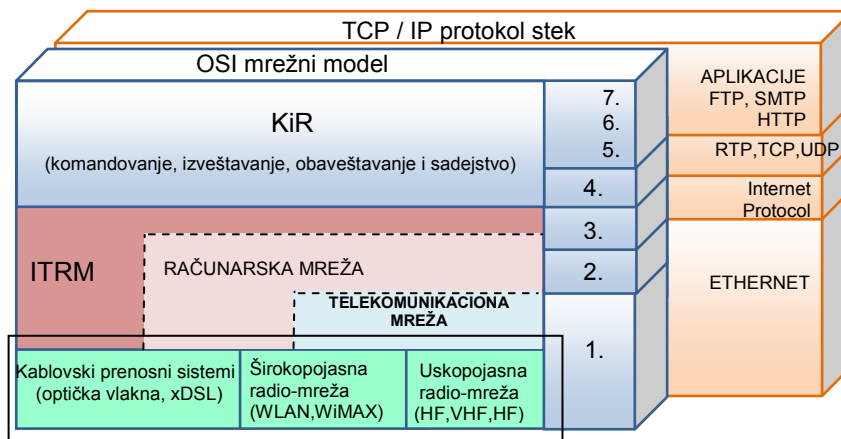
Krajnji domet projektovanja ITRM kao podsistema KIS-a artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku jeste dostizanje kvaliteta kojim se u realnom vremenu obezbeđuje otkrivanje ciljeva i dejstvo po njima. Pod realnim vremenom KIS-a podrazumeva se da je odziv sistema brži od promene ulazne pobude sistema. Data definicija generalno predstavlja projektni cilj i osnovni kriterijum za definisanje zahteva koje treba ispuniti projektovanjem modela ITRM, a to su: **funktionalnost** – sposobnost ispunjavanja kriterijuma u različitim uslovima rada uz prisustvo elektronskog ometanja, **integracija** – komunikacionih linkova i računarskih čvorova u jednu celinu radi upotrebe više modova za prenos podataka i više tipova linkova čime se povećava fleksibilnost i efikasna upotreba senzora, **skalabilnost** – kojom se omogućava umanjeње ili uvećanje funkcionalne sposobnosti KIS-a bez promene postojeće strukture, **multiservisnost** – mogućnost implementacije više tipova različitih mrežnih aplikativnih servisa, **kvalitet servisa** – tehnološki uslovi za ispunjenje kvaliteta servisa QoS (*Quality of Service*) zasnovanih na IP (*Internet Protocol*), **pouzdanost mreže** – sposobnost funkcionisanja ITRM u slučaju otkaza vitalnih delova mreže, **kapacitet i brzina** – sposobnost prenosa informacija velikom brzinom sa malim vremenskim kašnjenjem koje je za jedinice sa do 100 mrežnih elemenata veličine reda sekundi [3]. Ostvarenje efikasnosti artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku sa aspekta prisustva KiS-a, navedene u [6],

određuje i zahtev koji ITRM treba da ispuni u pogledu kriterijuma vremena i tačnosti distribucije informacija. On 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 organizacionom elementu koji je koristi za izvršavanje zadatka. Ovakvi zahtevi nazivaju se **taktički komunikacioni zahtevi** i potrebno ih je iskazati numeričkim vrednostima komunikacionih parametara koji se u projektovanju ITRM koriste kao pragovi kriterijuma čija se ispunjenost proverava simulacijom. Komunikacioni parametar kojim se najbliže mogu definisati vremena pristizanja i raspolaganja informacijama na prostornim pozicijama mrežnih elemenata 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 (b), kapacitetom linka (C_i), koja u dovoljnoj meri odražava stanje projektovane mreže sa M -izvora i koja je dovoljna kao osnovni kriterijum za ocenu efikasnosti izvedena je u [7] i data sa:

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

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 jedan od ključnih faktora koji 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 s ciljem ostvarivanja kompatibilnosti usled povezivanja različitih telekomunikacionih mreža i mrežne opreme [4]. Modelovanje ITRM i analiza kroz simulacioni model upravo treba da pokaže i da smernice za izbor tehnologije prenosa i način optimizacije njenih karakteristika, čime se postiže prednost u planiranju zadataka koje telekomunikaciona i računarska mreža treba i može da ispuni. Odnos tehnologije prenosa, ITRM i mrežnih aplikativnih servisa razmatra se sa aspekta OSI mrežnog modela i TCP/IP protokol steka upotrebom Ethernet tehnologije, što je ilustrativno prikazano na slici 7 [2].



Slika 7 – Tehnologije prenosa ITRM u artiljerijskom divizionu za vatrenu podršku
 Figure 7 – ITCN technology transfer in the artillery battalion for fire support

Mrežni aplikativni servisi

Realizacija funkcija KiR-a ostvaruje se distribucijom tačno određene vrste informacija i uspostavljanjem informacionog toka od izvora do određišta. Proces razmene informacija realizuje se izvršavanjem aplikacija tipa klijent–server na serverima i radnim stanicama kojima su aplikacije potrebne da se na njihovim lokacijama u prostornom rasporedu sprovodi predviđena funkcija KiR-a. Svaka aplikacija ima svoju pojedinačnu ulogu u distribuciji informacije i u tom pogledu smatra se mrežnim aplikativnim servisom u koji je preslikana funkcija KiR-a pri čemu servis može formirati jedna ili više aplikacija. Uvođenje servisa u projektovanju ITRM je neophodno sa stanovišta definisanja mrežnog saobraćaja i postavljanja zahteva za telekomunikacionu mrežnu strukturu.

Pojedini servisi zahtevaju komunikaciju u realnom vremenu (interaktivne aplikacije), pouzdanu distribuciju informacija (distributivni servisi) odnosno servise po zahtevu (e-mail, video, audio, transfer fajlova). Raznovrsnost zahteva za kvalitetom servisa (QoS) uz količinu saobraćaja koji generiše sama aplikacija u okviru servisa, određuje i različite zahteve za potrebnim propusnim opsegom. Za realizaciju funkcija i procesa KiR-a artiljerijskim divizionom za vatrenu podršku i za implementaciju mrežnog saobraćaja u simulacioni model ITRM predloženi su sledeći mrežni aplikativni servisi: **VoIP** – interaktivan servis koji omogućava prenos glasa i poruka preko IP saobraćaja, **Email** – servis predviđen za slanje poruka, naređenja i izveštaja informacionim tokom komandovanja i izveštavanja, **GIS** – servis namenjen za prikupljanje podataka od mrežnih elemenata

dobijenih putem senzora i na osnovu kojih se u centrima za fuziju podataka formira ZROS koja se distribuira mrežnim elementima, **DBASE** – servis predviđen da se po zahtevu mrežnog elementa pristupi određenoj bazi podataka i preuzme ili upiše pomoćni podatak potreban za realizaciju funkcije KiR-a, **VIDEO** – interaktivan servis predviđen da se po zahtevu određenih mrežnih elemenata uspostavi prenos video podataka u realnom vremenu odnosno uspostavi video-konferencija, **PTS** – servis distributivnog tipa predviđen da mrežnim elementima difuzno ili po zahtevu šalje podatke za korekciju prostorne pozicije i sistemskog vremena za izvođenje operacija.

Protokoli

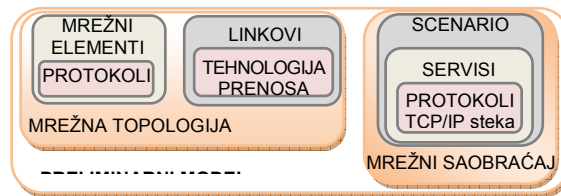
Realizaciju mrežnih aplikativnih servisa sa različitim zahtevima i distribucijom različitih tipova podataka (glas, podaci, audio, video) preko iste mrežne strukture omogućavaju aplikacije zasnovane na IP paket-skom mrežnom saobraćaju i primeni protokola TCP/IP protokol steka. Navedene karakteristike IP zasnovanih servisa upućuju na njihovu implementaciju u simulacioni model i analizu razmatranjem parametara mrežnog saobraćaja (brzina prenosa, kašnjenje i gubitak paketa, bitska greška, vršni protok). Projektovanje rešenja servisa zahteva definisanje aplikacija sa stanovišta protokola koji se koriste za generisanje paketa počevši od protokola aplikativnog nivoa, transportnih (npr. TCP, UDP), mrežnog IP do protokola za prenos preko fizičkog medijuma (Ethernet).

Veličine paketa i fajlova

Memorijska veličina informacije koju treba preneti do mrežnog elementa odražava vrstu i količinu korisne informacije, servis, način zaštite sadržaja, protokolski mehanizam, brzinu generisanja na fizički medijum i kao takva je neizostavan uslov koji utiče na vremena kašnjenja odnosno odziv mrežnog aplikativnog servisa. Pored određivanja količine korisnih podataka koje treba preneti, neophodno je izvršiti formiranje IP odnosno Ethernet paketa procesom **enkapsulacije** kako bi se dobila veličina fajla koji se prenosi i koja zavisi od broja potrebnih paketa. Veličina paketa uslovljena je i definicijom zaglavlja upotrebljenih protokola. Količina korisnih podataka koji ulaze u sastav paketa zavisi od odluke da li se želi brži prenos informacija i manji broj paketa ili sporiji pouzdan prenos i veći broj paketa vodeći računa o tome da li se prenos kroz mrežu vrši uz uticaj elektronskog ratovanja koje može dovesti do degradacije paketa čime se inicira njihov gubitak i ponovno slanje, a time i veće kašnjenje odnosno dobijanje nepotpune informacije.

Preliminarni model

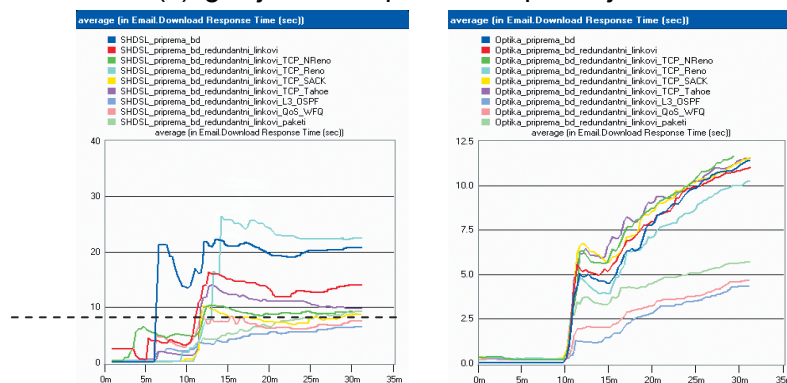
Projektovanje rešenja modela ITRM je postupak u okviru kojeg se na osnovu svih rezultata i postavljenih zahteva proisteklih prethodnom analizom i uz postavljanje potencijalno mogućih dodatnih ograničenja definišu elementi modela i njihovi međusobni odnosi. Predlog osnovnog modela ITRM je preliminarni model čija je struktura prikazana na slici 8.



Slika 8 – Struktura preliminarnog modela ITRM
Figure 8 – The structure of the ITCN preliminary model

Varijacijom elemenata ove strukture kao i njihovih parametara vrši se **optimizacija** i izvode različite varijante rešenja modela s ciljem ostvarenja postavljenih komunikacionih zahteva. Upotrebom simulacionog alata OPNET IT Guru i primenom metodologije projektovanja simulacionog modela opisane u [8] vrši se preslikavanje modela ITRM u simulacioni model, izvršavaju simulacije i dobijaju grafički prikazani rezultati.

Za potrebe ovog rada su na slici 9 (a) i (b) kao primer prikazani rezultati simulacije, tj. vremena odziva prenosa *Email* servisa za vremenski scenario *priprema b/d* i *borbena dejstva*, na nivou cele ITRM artiljerijskog divizionu za vatrenu podršku. Rezultati na slici 9 (a) pokazuju da se upotrebom SHDSL tehnologije i bakarne parice za realizaciju glavnih linkova delimično ispunjavaju vremenski kriterijumi ali prostorno ograničava manevarska taktička efikasnost u odnosu na mnogo efikasniju upotrebu optičkog kabela prikazanu rezultatima na slici 9 (b), gde je i domet prostorne upotrebljivosti veći.



Slika 9 (a), (b) – Vremena kašnjenja Email servisa u ITRM
Figure 9 (a), (b) – Time delays in the Email service of the ITCN

Zaključak

Primena načelno opisane metodologije u postupku projektovanja 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. Primena postupka simulacije omogućava dobijanje rezultata koji su adekvatna osnova za izvođenje zaključaka o taktičkoj efikasnosti borbene jedinice postignute pravovremenom i kvalitetnom distribucijom informacija u telekomunikacionoj i računarskoj mreži.

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

Literatura

[1] Manjak, M., Miletić, S., *Komandno informacioni sistem brigade KoV (koncept)*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 2, pp. 78–93, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd, 2011.

[2] Miletić, S., *Modeliranje i optimizacija integrisane telekomunikacione i računarske mreže komandno informacionog sistema jedne borbene taktičke jedinice*, magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2010.

[3] Alberts, D., Garstka, J., Stein, F., *NETWORK CENTRIC WARFARE: Developing and Leveraging Information Superiority, 2nd Edition (Revised)* DoD C4ISR Cooperative Research Program, 2000.

[4] Dukić, M., *Principi telekomunikacija*, Akademski misao, Beograd, 2008.

[5] GŠ VS „Uputstvo za operativno planiranje i rad komandi u VS – privremeno“, 2008.

[6] Kovač, M., Batinić, S., Kokelj, T., *Uputstvo za određivanje borbenih mogućnosti jedinica KoV*, GŠ VSCG, Sektor KoV; OpU-68, Beograd, 2004.

[7] Sinkovic, V., „Informacijske mreže“, Školska knjiga, Zagreb, 1994.

[8] OPNET IT Guru “Product Documentation: IT Guru User Guide”, OPNET Technologies, 2005.

METHODOLOGY OF THE DESIGN OF AN INTEGRATED TELECOMMUNICATIONS AND COMPUTER NETWORK IN A CONTROL INFORMATION SYSTEM FOR ARTILLERY BATTALION FIRE SUPPORT

FIELD: Telecommunications and Computer network

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

A Command Information System (CIS) in a broader sense can be defined as a set of hardware and software solutions by which one achieves real-time integration of organizational structures, doctrine, techni-

cal and technological systems and facilities, information flows and processes for efficient and rational decision-making and functioning. Time distribution and quality of information directly affect the implementation of the decision making process and criteria for evaluating the effectiveness of the system in which the achievement of the most important role is an integrated telecommunications and computer network (ITCN), dimensioned to the spatial distribution of tactical combat units connecting all the elements in a communications unit. The aim is to establish the design methodology as a way of the ITCN necessary to conduct analysis and extract all the necessary elements for modeling that are mapped to the elements of network infrastructure, and then analyzed from the perspective of telecommunications communication standards and parameters of the layers of the OSI network model. A relevant way to verify the designed model ITCN is the development of a simulation model with which adequate results can be obtained. Conclusions on the compliance with the requirements of tactical combat and tactical communication requirements are drawn on the basis of these results.

Introduction

The methodology of ITCN model design

The methodology of designing CIS ITCN models in a tactical combat unit involves implementing a series of analytical steps within which the implementation of specific actions leads to the elements needed to design the network model.

Theoretical analysis model

Theoretical analysis to distinguish elements that indicate the organizational structure, functions and tasks, information flows, the spatial arrangement of elements, the time of execution of operations, represent the technical sub-systems and tactical communications requirements. Each element of the organizational structure the ITCN modeling gets the role of a network element and performs a function in a set of functions. Information flows are paths where the organizational structure aims to distribute information between their source and destination, which determines the type of information system of command. A data transmission network is one of the parameters necessary for the subsequent choice of technology access, technology and transmission medium for the realization of information flows and the deployment of network traffic into the simulation model. In terms of modeling and designing, ITCN spatial distribution is a factor that greatly influences the topology and the logical structure of ITCN, the choice of technology and the physical medium of transmission. The basic requirements in designing ITCN models are functionality, integration, scalability, multiservice, QoS, reliability, transmission capacity and speed. A requirement relating to the time it takes for information from the moment of its generation at source to arrive through the entire system to a specified destination, entirely accurate, credible and timely, is an available organizational structure used to execute the task.

Technology transfer

The choice of a technique for access and transmission technology is one of the key factors that determine whether and to what extent efficiency of telecommunications and computer networks can be achieved.

Network Application Services

The implementation of the Application Service IP-based packet transport network allows transparent transmission of different types of traffic (voice, data, audio, video, multimedia) over the same network structure.

Preliminary model

The ICTN basic model is presented in the form of a preliminary model. Variations of its structure elements and their parameters optimization are performed resulting in different versions of the model solutions which meet the requirements.

Conclusion

The application of the principle of the methodology described in the process of designing ICTN models is one way to look at methodology and include all factors that affect the description of a real model and implement the procedure of its optimization. The application of the simulation enabled obtaining the results that were an adequate basis for drawing conclusions about the effectiveness of tactical combat units.

Key words: Command Information System (CIS), integrated telecommunications and computer network (ICTN), methodology, information flow, OSI network model, network element, network-centric, simulation model, latency time, artillery battalion for fire support

Datum prijema članka: 06. 05. 2011.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 15. 10. 2011.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 16. 10. 2011.