Dr Ratko Radošević,
dipl. inž.

OTPORNE FUNKCIONALNE TELEKOMUNIKACIONE MREŽE

UDC: 621.391.1.001

Rezime:

Pojedini korisnici, kao što je vojska, postavljaju određene zahteve koje telekomunikacione mreže treba da zadovolje, a razlikuju se od zahteva kojima treba da odgovore javne telekomunikacione mreže (JTM). U ovom radu je analizirana razlika između JTM i mreža prema posebnim zahtevima korisnika, i utvrđeno je da JTM za sada ne mogu da ispune te zahteve. Jedan od najznačajnijih posebnih zahteva jeste otpornost, čije su najbitnije komponente sigurnost, pouzdanost i mobilnost mreže. Mreže sa pojačanom komponentom otpornosti čine potklasu mreža pod nazivom otporne funkcionalne telekomunikacione mreže, za koje je predložena koncepcijska i sistemska arhitektura.

Ključne reči: telekomunikacione mreže, otporne funkcionalne telekomunikacione mreže, otpornost mreže, sigurnost mreže, koncepcija mreže, sistemska arhitektura mreže.

RESISTING FUNCTIONAL TELECOMMUNICATIONS NETWORKS

Summary:

Some users of telecommunications networks, army forces for example, have requirements which differ from the requirements for public telecommunications networks (PTNs). The difference between PTNs and special requirements networks is analyzed and, for the time being, PTNs cannot fulfill these special requirements. One of the most important of them is resistance of which basic components are network security, reliability and mobility. Networks with greater resistance form a subclass named the resisting functional telecommunications networks for which design and system architectures are proposed in the paper.

Key words: telecommunications networks, resisting functional telecommunications networks, network resistance, network security, network design, network system architecture.

Uvod

Nacionalna telekomunikaciona mreža (TM) predstavlja strateški sistem i spada u klasu najsloženijih sistema koje jedna zemlja poseduje. Zbog toga je razvoj mreže i njenih elemenata vrlo složen i, u principu, dugotrajan proces. Globalno gledano, to je neprekidan proces koji obuhvata stalno usavršavanje mreže i modifikaciju njenih elemenata.

Sa aspekta primenjenih tehnologija, koje odlučujuće utiču na performanse i mogućnosti mreže, razvoj mreže se deli na etape koje sadrže razne tehnološke generacije elemenata mreže. U principu, razvoj telekomunikacionih mreža grubo se deli na tri etape, od kojih prva obuhvata elektromehaničke tehnologije sa osnovnim uslugama koje pruža mreža, druga sisteme sa procesorskim upravljanjem elektromehaničke periferije i proširenjem

skupa i kvaliteta usluga, a u trećoj etapi uvode se visokointeligentni sistemi primenom procesora sa visokim procesorskim mogućnostima, pri čemu postoji široki izbor usluga visokog kvaliteta, kao i mogućnosti za njihovo dalje proširivanje.

Pošto se ove tri etape međusobno preklapaju, tj. vek trajanja sistema sa elektromehaničkim tehnologijama zadire čak u treću etapu, nužna je saradnja modernih i postojećih telekomunikacionih mreža.

Trend razvoja javne telekomunikacione mreže (JTM) je takav da se, sa stanovišta njene funkcionalnosti može podeliti u tri nivoa [1, 2, 3]:

- osnovni nivo telekomunikacione mreže, koji osigurava osnovne telekomunikacione usluge (uspostavljanje lokalnih, odlaznih, dolaznih i tranzitnih veza za govorne i negovorne pozive i dr.) i otkriva da li će poziv biti upućen u inteligentni nivo telekomunikacione mreže;

- nivo inteligentne telekomunikacione mreže, koji upravlja inteligentnim telekomunikacionim uslugama i obuhvata specijalne telekomunikacione funkcije, kao što su raspodela resursa mreže, prepoznavanje glasa, zaštita, i dr.;

- mreža za upravljanje telekomunikacijama, koja, kao najnoviji segment, za sada upravlja osnovnom inteligentnom telekomunikacionom mrežom, a u perspektivi će se njene funkcije proširiti na formiranje i pripremanje usluga, upravljanje uslugama i sl.

Neki specifični korisnici (velike privredne organizacije, državni organi, policija, vojska i dr.) postavljaju posebne uslove koji bi taj sistem veza morao da zadovolji. Rezultati istraživanja ukazuju na to da JTM, i pored trenda razvoja za sada ne mogu ispuniti neke bitne zahteve ovih korisnika, pa je nužna realizacija posebnih mreža za njih. U radu je analizirana razlika između JTM i mreža za

specifične korisnike, koncepcija i sistemska arhitektura tih mreža i mera kvaliteta usluge za njih.

Ovi rezultati predlažu se kao prilog razmatranju i daljim odlukama o istraživanju i razvoju DISK-a.

Razlike između javnih i funkcionalnih telekomunikacionih mreža

Da bi se sagledala potreba izgradnje funkcionalnih telekomunikacionih mreža (FTM) prvo treba sagledati posebnost uslova u kojima se one koriste, zatim zahteve koji se pred njih postavljaju i na osnovu toga analizirati opšte telekomunikacione karakteristike mreže po kojima se FTM razlikuju od JTM (resursi, funkcije, i uslovi eksploatacije). Razlika u resursima odnosi se na manji broj elemenata mreže u konfiguraciji i manji broj korisnika, što proizilazi iz namene FTM.

Posebni zahtevi koji se postavljaju pred FTM odnose se na funkciju (veliki broj usluga, zaštita) i uslove eksploatacije koji se razlikuju od uslova JTM. Ovi uslovi mogu se svrstati u sledeće tri grupe:

- nepredvidive, nenormalne i stresne situacije u dužem periodu eksploatacije što se nepovoljno odražava na rad elemenata mreže (nepredvidiv pojačani saobraćaj u celoj mreži ili u pojedinim delovima) i svih učesnika u radu mreže (korisnici, operateri, osoblje za održavanje), zbog zamora i panike;

- FTM je izložena, posebno u ratnim uslovima, organizovanim dejstvima radi fizičkog i funkcionalnog uništenja i narušavanja vitalnih funkcija, kako kroz otvorene napade, tako i kroz akcije i napade koje je teško otkriti i boriti se protiv njihovih efekata. Sve to ima za posledicu promenu topologije i konfiguracije mreže.

- Za većinu elemenata FTM predviđa se da rade u klimomehničkim uslovima koji se po temperaturi, vlažnosti, mehaničkim karakteristikama (rad

u pokretu, transport po lošim terenima i putevima) znatno razlikuju od uslova rada elemenata JTM.

Neki od ovih uslova postoje i u JTM, ali u znatno manjoj meri. Na primer, do nepredvidivog saobraćaja dolazi u vanrednim situacijama (požari, zemljotresi, poplave, nemiri stanovništva). Osnovni uzrok povećanog saobraćaja kod FTM u uslovima ratnih dejstava u odnosu na uzroke kod JTM jeste što su vreme, mesto i trajanje ratnih dejstava i njihovih efekata na integritet i rad mreže daleko dinamičniji, manje predvidivi i štetniji.

Omogućavanje rada u ovako postavljenim uslovima eksploatacije postiže se dodavanjem FTM pojačane dimenzije *otpornosti* na izmenjene i otežane uslove eksploatacije. Na taj način se iz TM formira potklasa FTM koja se naziva otporne FTM (OFTM).

Zavisno od korisnika, uslova koje on postavlja i stepena realizacije tih uslova elementi potklase OFTM smeštaju se po kriterijumu otpornosti između FTM koje nemaju neke posebne mehanizme otpornosti (na primer za neke privredne organizacije) i ekstremno otpornih FTM (na primer za vojsku).

Veliki uticaj na obim i kvalitet ispunjavanja pojedinih zahteva za OFTM ima tehnologija. Uvođenjem novih tehnologija u realizaciji mreža može se podići kvalitet ispunjenja zahteva i omogućiti realizacija novih zahteva.

Može se zaključiti da je stepen otpornosti mreže najbitnija karakteristika po kojoj se OFTM razlikuju od JTM. Zavisno od zahteva, tehnoloških i ekonomskih mogućnosti i u JTM se ugrađuju elementi otpornosti čiji se efekti projektuju u skladu sa potrebama i ekonomskim mogućnostima. Ekonomska dimenzija je dominantna za projektovanje, razvoj i eksploataciju JTM.

Radi daljih razmatranja usvojiće se definicije pojmova koji se odnose na otpornost OFTM.

Otpornost mreže je sposobnost da mreža obezbedi prihvatljiv kvalitet usluge korisnicima, iako degradiran usled delovanja smetnji, otkaza elemenata mreže ili promena saobraćaja u mreži [5].

Zavisno od intenziteta porasta delovanja smetnji, otkaza i saobraćajnih promena raste degradacija kvaliteta usluge, a zavisno od rešenja otpornosti mreže kvalitet usluge se drži u granicama prihvatljivim za korisnika.

Ova sposobnost mreže se ostvaruje preko tri komponente otpornosti: pouzdanosti, sigurnosti i mobilnosti.

Smetnja je neispravnost (neispravnost i ispad modula, blokova, sklopova, komponenti, programske neispravnosti, propusti operatera i korisnika i dr.) koja dovodi do greške u sistemu koja može u ekstremnim slučajevima dovesti do ulaska u nedozvoljeno stanje ili ispada sistema [6], [7]. Greška je manifestacija smetnje koja dovodi do neuspešnog procesiranja u sistemu, odnosno do procesiranja u sistemu koji ne odgovara propisanim funkcijama sistema.

Pouzdanost se definiše kao stepen tolerisanja smetnji i neregularnosti (neregularnih promena), čime se obezbeđuje sposobnost mreže da ostvaruje kvalitet usluga ispod unapred definisanog prihvatljivog nivoa degradacije [8].

Sigurnost je sposobnost sistema da minimizira ranjivost i ugroženost imovine i resursa sistema [9]. Imovina sistema je sve ono što ima neku vrednost definisanu za taj sistem. Ranjivost je slabost koja može biti iskorišćena da se napadne sistem ili informacija koju on poseduje.

Drugim rečima, sigurnost sistema čini skup karakteristika koje definišu stanje sistema u kojem on može, sa predvidivim stepenom izvesnosti, da izvršava unapred zadate funkcije i obezbedi kontrolisan pristup informacijama koje se u njemu nalaze.

Mobilnost ima dve komponente:

- mogućnost rada u pokretu, i
- mogućnost rada na zastanku.

Rad u pokretu ostvaruje se obično kod radio-terminala.

Mogućnost rada na zastanku podrazumeva mobilne verzije elemenata mreže instalirane u vozila, njihov transport na celoj teritoriji i jednostavno uključivanje u sistem. Teži se da svi elementi mreže imaju i mobilne verzije, makar sa smanjenim kapacitetima i resursima.

Zaštita sistema je skup mera i mehanizama kojima se ostvaruje određen stepen sigurnosti sistema.

Da bi OFTM mogla da radi u navedenim uslovima i obezbedi ispunjenje zahteva korisnika za uslugama, treba da poseduje karakteristike koje mogu da posluže kao osnova za postizanje željene otpornosti. Te karakteristike mogu se sistematizovati na sledeći način:

- skoro potpuna ili potpuna digitalizacija mreže kao osnova za realizaciju velikog broja usluga, savremenih rešenja obrade poziva, signalizacije, kvaliteta i brzine prenosa, upravljanja, zaštite i dr.;

- integracija vrste informacija i usluga, čime se obezbeđuje da se razne vrste informacija, koje se generišu u terminalima, svedu na isti oblik i format na ulazu u mrežu, što omogućava njihovu efikasniju obradu u postupcima komutacije i prenosa i pružanje potrebnih usluga korisnicima;

- kompatibilnost sa JTM koja treba da omogući delimično oslanjanje na resurse JTM, u slučaju potrebe, i mogućnosti komuniciranja sa korisnicima JTM;

- učesnički priključak više vrsta terminala, što je veoma značajno za korisnike kao što je vojska, koja ima u upotrebi praktično sve vrste terminala od kojih neki (LB telefon) nije u upotrebi u JTM;

- savremena rešenja obrade poziva i signalizacije koja treba da omogućе da se, pored komutiranja kanala kao sada dominantnog načina komutiranja, mogu uvesti komutiranje poruka i paketa kao i perspektivni, savremeni, efikasni i pouzdani protokoli obrade poziva, elementi nadgledavanja ispravnosti prenosa (npr. signalizacija CCS i dr.);

- visok stepen autonomije pojedinih elemenata mreže koji treba, pored ostalog, da omogući visoku sposobnost efikasnog oporavka i rekonfiguracije nakon ispada ili uništenja pojedinih elemenata mreže;

- fleksibilnost strukture mreže koja treba da omogući jednostavnu i brzu izmenu topologije mreže i njeno prilagođavanje nastalim promenama i novim zahtevima u toku eksploatacije;

- efikasan mehanizam nadzora i upravljanja koji treba da omogući optimizaciju korišćenja resursa mreže;

- kvalitetna zaštita informacija i resursa mreže;

- visok stepen pouzdanosti elemenata mreže za rad u posebnim klimomehaničkim uslovima i efikasno i kvalitetno održavanje.

Uzimajući u obzir navedene zahteve koji OFTM treba da ispuni i karakteristike koje treba da poseduje, mogu se ustanoviti osnovni razlozi zbog kojih je nužno izgraditi posebne OFTM za korisnike čiji se zahtevi ne mogu ostvariti u JTM:

- nemogućnost da se u JTM ostvari dovoljno kvalitetna i sveobuhvatna zaštita informacija i resursa mreže za deo korisnika mreže. Ukoliko bi se ostvarila željena zaštita to bi podrazumevalo da skoro svi resursi mreže i podaci u njoj treba da budu pod kontrolom toga skupa korisnika koji je vlasnik zaštite. Kako u JTM ima mnogo više ostalih korisnika ovaj zahtev je nemoguće ostvariti. Formiranjem posebne mreže za ovaj skup korisnika omogućava se da investitor, korisnik i vlasnik mreže bude jedan subjekat;

— postojeće JTM su zatvorene ili nedovoljno otvorene za dogradnju nekih operativnih i eksploatacionih funkcija koje su specifične ili nužne za određene korisnike (savremena signalizacija, nove usluge, posebna pravila prioriteta poziva, potpuni digitalni prenos i sl.);

— realizacija zahteva za modularnost izvedbe, mogućnost transporta u otežanim uslovima i rad u posebnom klimomehaničkom okruženju znatno povećavaju cenu proizvodnje. Elementi JTM su, u većini slučajeva, po ovim karakteristikama u kategoriji komercijalnih uređaja, za koje se obezbeđuju odgovarajući klimomehanički uslovi eksploatacije. Ukoliko bi se zahtevala robusnost elemenata za rad u drugim klimomehaničkim uslovima, troškove povećanja robusnosti treba da snosi samo deo korisnika zbog koga se ona vrši. Zbog toga je za njega ekonomski opravdanije da razvije posebne elemente mreže i izgradi posebnu manju mrežu;

— za neke korisnike (vojska, policija) pokretni učesnici (radio-veze) imaju značajan, a u nekim slučajevima dominantan udeo u saobraćaju sa posebnim zahtevima za protokole uspostave veze i komunikaciju (frekventno skakanje, zaštita). Ti zahtevi su za JTM neuobičajeni, za njihovo ispunjenje potrebna je dogradnja koja je usložava i neprihvatljivo povećava cenu. Analize savremenih ratnih dejstava pokazuju da je za sistem veza nužna pokretljivost i brza zamena uništenih elemenata mreže;

— u nekim slučajevima korisnicima je potrebna brža izgradnja ili dogradnja JTM nego što je to predviđeno i što dozvoljava njena organizacija izgradnje, dogradnje i usavršavanja. Osim toga, u nekim slučajevima je potrebno izgraditi mrežu ili delove mreže na područjima koja nisu atraktivna ili se ne uklapaju u postojeće planove izgradnje JTM. Naime, postojeća JTM na nekim područjima nema resurse koji bi zadovoljili te korisnike,

a nema ekonomskih opravdanja za njihovu dogradnju;

— mogućnost i karakteristike JTM se projektuju i realizuju tako da budu ekonomski preko tarife prihvatljive za korisnike, ali i da prinod ostvaren na taj način bude prihvatljiv za vlasnika mreže. Jedan od uslova za obezbeđenje ekonomske prihvatljivosti i za korisnike i za vlasnike mreže je veliki broj korisnika i velika upotreba mreže. Za korisnike OFTM je primaran doprinos mreže uspešnom poslovanju, a ekonomski elementi su u drugom planu. Na OFTM se postavljaju zahtevi kao što su posebne usluge, veća brzina prenosa, velika pouzdanost prenosa, sigurnost usluge i druge koje JTM ne može ispuniti. Za te korisnike je primarno ispunjenje specifičnih zahteva, dok je cena izgradnje i eksploatacije mreže u drugom planu;

— sa tehnološkim napretkom proširuju se mogućnosti povećanja otpornosti JTM. Međutim, stepen planirane i realizovane otpornosti JTM je u direktnoj srazmeri sa ekonomskim mogućnostima zemlje, odnosno kupovnom moći (iznosa tarife) korisnika mreže. OFTM, posebno za vojsku, moraju se projektovati tako da obezbede zahteve funkcionalnosti u uslovima stalnog organizovanog napada radi fizičkog uništavanja, uništenja ili ugrožavanja funkcionalnog integriteta mreže ili njenih delova, uništenja ili izmene podataka u njoj i sl. Realizacija ovakvih zahteva može znatno da poskupi izgradnju mreže, što je za JTM neprihvatljivo, a kod već realizovanih mreža dogradnja je ili nemoguća ili je delimično moguća.

I pored toga što JTM poseduju određene karakteristike i spunjavaju neke zahteve koje specifični korisnici postavljaju, za neke od takvih korisnika je nužno ili ekonomski opravdanije izgraditi posebne OFTM.

Da bi se utvrdila potreba za izgradnju OFTM njenom projektu treba da prethodi utvrđivanje zahteva funkcio-

nalnosti i kvaliteta, u kojima je sadržan i stepen otpornosti, na osnovu kojih se utvrđuju karakteristike koje ta mreža treba da poseduje i razlike tih karakterata u odnosu na JTM. Na osnovu toga se utvrđuje opravdanost za izgradnju OFTM traženog stepena otpornosti.

U radu je problematika otpornosti FTM razmatrana, pre svega, u odnosu na komponentu sigurnosti. Pouzdanost se nije razmatrala, jer JTM ima za cilj, pre svega, očuvanje kvaliteta usluge radi postizanja ekonomskih efekata. U OFTM to je komponenta otpornosti koja ima za cilj očuvanje kvaliteta usluge za rad u posebnim klimomehaničkim uslovima, pri čemu ekonomski efekti u proizvodnji i eksploataciji nisu presudni.

Prema tome, potreba izgradnje FTM postoji zbog toga što JTM ne može da ispuni sve bitne zahteve nekih korisnika. Svakako da se razlikuju zahtevi za mrežu za razne korisnike. To znači da JTM može, zavisno od korisnika, odnosno namene FTM, u manjoj ili većoj meri da ispuni zahteve koji se za nju postavljaju.

Vojska postavlja posebne zahteve koji se, pre svega, odnose na otpornost mreže, posebno na njenu komponentnu sigurnost, tako da je za njene potrebe nužna realizacija posebne mreže.

Koncepcija i sistemska arhitektura OFTM

Telekomunikaciona mreža kao deo globalnog sistema za razmenu informacija i podataka

Pretpostavlja se da je jedna od bitnih funkcija koja je svojstvena OFTM funkcija sigurnosti i da je za njenu realizaciju moguća primena savremenih tehnologija. Posmatraćemo OFTM kao deo jednog globalnog sistema u kojem se razmatraju informacije i podaci, a zatim utvrditi koncepciju i sistemska arhitekturu.

Ukupni globalni sistem za razmenu informacija organizacije koja je njegov vlasnik i korisnik i mesto OFTM u njemu (prikazani na slici 1), za potrebe našeg razmatranja podeljen je u dva dela. Jedan deo čini skup elemenata za izvorno generisanje poruka i podataka (poruka napisana na papiru u rukopisu ili na drugi način saopštena, izgovorena i sl.), za razne obrade izvornih poruka i podataka (kucanje, snimanje, bušenje papirne trake, obradu signala i dr.), za prenos do ulaza u telekomunikacioni sistem (diskete, papir, traka, kasetofon, skener, čitač papirne trake i dr.), za obradu poruka nakon prijema od telekomunikacionog sistema (šampač, čitač papirne trake, obradu signala, snimanje magnetofonske trake i dr.) i prenos do krajnjeg odredišta koje je korisnik poruka ili podataka.

Drugi deo čine elementi telekomunikacionog sistema (mreže) koji imaju funkciju prenosa poruka i podataka kada su oni u obliku i na medijumu koji se može prenositi telekomunikacionim sredstvima. Elementi telekomunikacione mreže mogu se, s obzirom na obradu poruka i podataka, svrstati u četiri grupe: izvori (formiranje izvorne poruke za mrežu od poruka dobijenih od prvog dela globalnog sistema), obrada poruke za potrebe prenosa u raznim medijima za prenos, prenos i odredište mreže u kojem se poruka obrađuje i priprema za predaju prvom delu globalnog sistema.

Pregledni nacrt, (na slici 1), jeste opšti. U praksi je moguće da se ceo globalni sistem svede na telekomunikacioni sistem. To je slučaj kada se izvor i odredište svih informacija i podataka nalazi u elementima telekomunikacionog sistema.

Sa aspekta funkcija telekomunikacione mreže kao sistema, njeni elementi mogu se svrstati u sledeća četiri podsistema:

— pristupni podsistem koji obuhvata krajnje centrale sa učesničkim prenosnim putevima i u našem slučaju terminale;

Sl. 1 — Blok šema globalnog sistema za razmenu podataka i informacija

— komutacioni podsistem koji obuhvata skup komutacionih čvorišta sa pripadnim funkcijama koji realizuje usmeravanje informacionih tokova u datoj konfiguraciji mreže;

— podsistem prenosa koji obuhvata skup prenosnih puteva koji međusobno povezuju čvorove i čvorove sa elementima pristupnog podsistema i realizuje fizičke veze »od kraja do kraja«;

— upravljački podsistem koji obuhvata skup fizičko-programskih modula koji obezbeđuju optimalno korišćenje resursa mreže u realizaciji usluga korisnicima mreže za unapred zadate kriterijume optimalnosti.

Svrstavanje elemenata mreže u navedena četiri podsistema je poznato iz šire literature i dovoljno je uopšteno da vredi i za JTM i za OFTM. Nakon konkretizacije funkcija elemenata pojedinih podsistema, uzimajući u obzir zahteve funkcionalnosti OFTM, može se doći do konkretnih razlika između JTM i OFTM.

Koncepcija i sistemska arhitektura OFTM

Problematika otpornosti OFTM je relativno nova i nije sveobuhvatno razmatrana u literaturi, a o sigurnosti mreže kao bitnom elementu otpornosti se uopšte ne govori.

Iznalaženje mehanizama otpornosti mreže, analiza njihovih pozicija u mreži i doprinosa otpornosti izvršiće se nakon postavljanja opšte podloge na kojoj je moguće tražiti odgovarajuća rešenja za mehanizme otpornosti i za postizanje željenog stepena otpornosti.

Za opštu podlogu uzeće se koncepcija i sistemska arhitektura OFTM. Treba ih postaviti tako da omoguće da sigurnost i upravljanje daju dominantan doprinos otpornosti mreže.

Koncepcija mreže sadrži osnovne postavke koje treba uvažavati u toku sinteze mreže. Te postavke treba da budu dovoljno opšte da omogućavaju izbor i dogradnju mehanizama

za povećanje otpornosti i da garantuju postizanje željenog nivoa otpornosti.

Osnovne konceptijske postavke su:

- što veći stepen raspodele resursa, funkcija podataka i upravljanja, uz uklanjanje ili smanjenje loših efekata prevelikog stepena raspodeljenosti;

- što veća prilagodljivost mreže u realnom vremenu;

- što veća modularnost fizičkih i programskih elemenata;

- što veća autonomnost, ali i međusobna kooperativnost sistemskih elemenata fizičkih i programskih modula;

- što veća fizička povezanost elemenata sistema i mogućnost međusobnog komuniciranja;

- sveobuhvatnost mehanizama zaštite.

Od navedenih postavki, ključni uticaj na stepen otpornosti ima stepen raspodeljenosti.

Sistemska arhitektura čine sistemski elementi mreže, njihovi međusobni odnosi i njihov odnos prema korisnicima.

Za sistemsku arhitekturu OFTM može se usvojiti arhitektura prikazana na slici 2 koja je formirana polazeći od opšte sistemske arhitekture ISDN prema CCITT preporukama i jednog viđenja sistemske arhitekture OFTM datog u [11]. Ovako integrisana arhitektura dopunjena je sa dva izuzetno značajna elementa, centrom za upravljanje radio-podsistemom i centrom za realizaciju i upravljanje zaštitom.

Osnova sistemske arhitekture na slici 2 je nehijerarhijska rešetka koju sačinjavaju mrežna čvorišta (NN), čiji način međusobnog povezivanja zavisi od procene saobraćaja i drugih zahteva (upravljanje, zaštita, signalizacija, prenosni sistem).

U mrežna čvorišta integrisane su signalne tačke (SP) za sistem signalizacije SS7 koji je pogodan za ugradnju elemenata otpornosti. Jedna od nužnih pretpostavki za korišćenje signalizacije SS7 jeste realizacija mrežnih čvorišta sa savremenim procesorskim tehnologijama.

Pristup rešetki mreže, odnosno mrežnim čvorištima, ostvaruje se pomoću lokalne centrale (LC) za stacionarne učesnike i radio-telefonskog koncentratora (RTK) za pokretne učesnike.

Preko pristupnih, lokalnih centrala usluge mreže koriste učesnici preko učesničkih terminala: digitalni telefon (DT), radio-telefon (RTF), univerzalni negovorni terminal (UNT) koji može biti familija terminala, digitalni faksimil (DF) i računar (R). Osim njih, to mogu biti i sve vrste terminala starije tehnološke generacije (LB telefon, analogni telefon, teleprinter i dr.).

Podsistem nadgledavanja i upravljanja mreže ima tri tipa elemenata: centar za nadzor i upravljanje (NCC), elemente i module za nadzor i upravljanje raspodeljene i integrisane u elemente mreže (DEC) i centar za upravljanje radio-podsistemom (CCR).

Zaštita se realizuje preko programskih modula i elemenata: centra za zaštitu i upravljanje zaštitom (SCC) i elementima i modulima za zaštitu i upravljanje zaštitom (DESC) koji su raspodeljeni u elemente mreže. Preko pristupnih centrala OFTM može se povezivati sa drugim FTM i JTM.

Učesnički priključak za računar (R) ujedno je i pristupna tačka za računarske sisteme i računarske mreže. To znači da se OFTM može koristiti kao telekomunikaciona podloga za povezivanje računara i računarskih mreža u najširem smislu.

Da bi se arhitektura kompletirala svakom elementu treba pridružiti poziciju u mreži, funkcije, povezanost sa ostalim elementima i sl., i to tako

da se omogući realizacija rešenja upravljanja i zaštite koje će dati što veći doprinos otpornosti mreže.

Rešetka mreže, koja se u ovom slučaju može smatrati tranzitnom ravni mreže, osnova je mreže i najviše može doprineti ostvarivanju željenih karakteristika, samim tim i otpornosti mreže.

Prema tome, ključnu ulogu u ostvarivanju otpornosti FTM treba da ima tranzitna ravan. Funkcije i resursi mreže su tako raspoređeni da se najveći deo zahteva otpornosti OFTM re-

alizuje u tranzitnoj ravni u *mrežnom čvorištu*. U njemu se realizuju u celini ili u najvećem delu:

- komutiranje kanala i paketa;
- funkcije signalne mreže SS7, što je ujedno i signalna tačka i signalna transfer-tačka (STP) te mreže;
- specijalne usluge (npr. konferencija);
- funkcije nadzora i upravljanja u mreži i u njemu;
- funkcije zaštite sistema (mreže).

Sl. 2 — Sistemska arhitektura OFTM:

NN — mrežna čvorišta, SP — signalna tačka SS7, LC — lokalne centrale, DF — digitalni faksimil, DT — digitalni telefon, UNT — univerzalni negovorni terminal, R — računar, RTK — radiotelefonski koncentrator, RTF — radio telefon, NCC — centar za nadzor upravljanja mrežom, DEC — raspodeljeni elementi i moduli upravljanja, CCR — centar za upravljanje radio vezama, SCC — centar za realizaciju i upravljanje zaštitom u sistemu, DESC — raspodeljeni elementi i moduli za realizaciju i upravljanje zaštitom, FTM — funkcionalna telekomunikaciona mreža, JTM — javna telekomunikaciona mreža

Sva mrežna čvorišta međusobno se povezuju informacionim i signalnim kanalima prema topologiji koja se odabira tako da se postigne željeni stepen otpornosti i efikasnosti mreže.

Doprinos otpornosti mreže postiže se:

- posedovanjem u mrežnom čvorištu funkcija mrežne i lokalne centrale. Kapacitet u odnosu na centrale JTM je znatno manji, ali se ugrađuje znatno jača procesorska snaga;

- visokim stepenom pouzdanosti svih elemenata, posebno vitalnih (procesori, komutacioni blok, napajanje i dr.);

- međusobnom povezanošću mrežnih čvorišta i mogućnošću preuzimanja određenih funkcija drugih mrežnih čvorišta (prenosa i smeštanja baze podataka o učesnicima, upravljanju, zaštiti i dr.);

- posedovanjem DEC i DESC i visokim stepenom autonomnosti u upravljanju i zaštiti nad učesnicima i uređajima za koje je po hijerarhiji nadležan;

- realizacijom pokretnih izvedbi sa mogućnostima jednostavne promene lokacije i priključivanja na mrežu (spajanje, registracija, punjenje podacima o učesnicima, upravljanje i zaštita).

Kod lokalne centrale, saglasno njenom mestu i ulozi u mreži, očekuje se manji udeo otpornosti nego kod mrežnog čvorišta, a doprinos otpornosti ostvaruje se:

- visokim stepenom autonomnosti u davanju usluga korisnicima orijentisanim na lokalnu komutaciju;

- mogućnošću lakog i jednostavnog priključenja na bilo koji mrežni čvor;

- pouzdanošću ugrađenih elemenata;

- delimičnom kontrolom intenziteta poziva;

- posedovanjem DEC i realizacijom funkcija nadzora i upravljanja i u dovoljnoj meri autonomnost u odnosu na ostale elemente podsistema nadzora i upravljanja.

Radio-telefonski koncentrator predstavlja baznu stanicu za priključak (vezu) pokretnih učesnika na mrežu. Osim toga, obezbeđuje lokalnu komutaciju pokretnih učesnika. U svom kompletu može imati i opremu za radio-izviđanje i prikupljanje podataka za podsistem za nadzor i upravljanje radio-saobraćaja.

Doprinos RTK otpornosti mreže sastoji se, pre svega u ukupnoj ulozi podsistema pokretnih učesnika u razmeni poruka u mreži.

Podsistem pokretnih učesnika OFTM poseduje sledeće tri funkcije preko kojih ostvaruje doprinos otpornosti:

- komuniciranje primenom frekventnog skakanja kojim se ostvaruje visoka otpornost na ometanje;

- zaštita prenosa u eteru;

- posedovanje DESC i autonomnost u realizaciji funkcija zaštite u održavanju veze sa pokretnim učesnicima i lokalnoj komutaciji.

Ove funkcije ne poseduje podsistem pokretnih učesnika JTM i one predstavljaju jednu od osnovnih razlika između JTM i OFTM.

Centar za nadzor i upravljanje mrežom (NCC), koji se u literaturi naziva i operativni centar mreže, realizuje funkcije nadzora, upravljanja i administracije u mreži.

Zbog relativno dugog vremena potrebnog za obradu podataka i veličinu memorijskog prostora potrebnog za smeštanje podataka o mreži opravdano je funkcije nadgledanja, upravljanja i operativno vođenje realizovati u NCC, jer nije svrsishodno da ostali elementi upravljanja poseduju te resurse.

Osnovne funkcije centra za nadzor i upravljanje mrežom su:

- nadgledanje rada cele mreže,
- prikupljanje podataka u okviru funkcije operativno vođenje,
- upravljanje mrežom nakon obrade podataka prikupljenih nadgledanjem.

NCC obavlja sve funkcije u saradnji sa DEC, SCC i DESC.

Doprinos otpornosti mreže ostvaruje se upravljanjem resursima mreže na osnovu podataka o celoj mreži. Posedovanje relevantnih podataka o celoj mreži omogućava određivanje prirode i težine nastalih problema i preduzimanje, na nivou mreže, optimalnih akcija upravljanja.

Međutim, NCC, u ratnim uslovima sa velikom verovatnoćom može biti uništen. Zbog toga je nužna raspodeljenost što većeg dela funkcija NCC na DEC, u slučaju njegovog otkaza ili uništenja, posebno za rad u ratnim uslovima.

Kod većih mreža, posebno JTM, problem raspodeljenosti svodi se na više NCC [12], i smanjenje uloge DEC. Moguća su takva rešenja i kod OFTM. Pozitivni efekti takvih rešenja su optimizacija saobraćaja prema NCC, smanjenje posledica uništenja NCC i njihova međusobna zamenjivost. Međutim, većom raspodelom na DEC još više se smanjuje saobraćaj potreban za upravljanje i, uz nalaženje adekvatnih algoritama upravljanja, postižu se veći efekti otpornosti, bez značajnijeg povećanja cene fizičkih modula, odnosno održavanja.

Distribuirani elementi upravljanja (DEC) mogu preuzeti sve lokalne funkcije upravljanja, nadgledavanja i administracije, ali i neke na nivou mreže. Njegov doprinos otpornosti mreže zavisi, pre svega, od toga koliko mrežnih funkcija nadgledanja i upravljanja se raspodeljuje od NCC na DEC, jer ove funkcije treba da se ostvaruju i nakon ispada NCC.

Centar za upravljanje radio-vezama (CCR) ima funkcije prikupljanja podataka radio-izviđanja za potrebe upravljanja radio-vezama, određivanja elemenata potrebnih za razmeštaj radio-uređaja i radnih frekvencija radio-uređaja. Od kvaliteta rešavanja ovih problema zavisi i doprinos CCR otpornosti mreže koji može biti značajan u podsistemu pokretnih učesnika.

Centar za realizaciju i upravljanje zaštitom u sistemu (SCC) može biti fizički uz NCC ili integrisan u njega. Sa aspekta otpornosti je bolje da je izdvojen iz NCC, jer za njegov rad nije nužan NCC i funkcionalno može biti autonoman. Fizički izdvojen SCC bitno više doprinosi otpornosti mreže nego u slučaju da je integrisan u elemente podsistema za nadzor i upravljanje, jer nije vezan za lokaciju, može biti pokretljiv, a u mrežu se može uključiti na bilo kom mestu.

Stepen funkcionalne integracije SCC sa funkcijama PNU treba odrediti, pre svega, optimizacijom efikasnosti ukupnog upravljanja sistemom, cene, resursa za smeštaj podataka i doprinosa otpornosti. U literaturi su grubo definisane funkcije upravljanja zaštitom i predlaže se [13] centar za upravljanje ključevima, a ostalo upravljanje u sistemu posmatra se integralno.

Ukoliko se koristi simetričan sistem zaštite, neracionalno je imati poseban centar za upravljanje ključevima već se ta funkcija može raspodeliti u ostale elemente upravljanja sistemom i u centar za upravljanje zaštitom. Međutim, treba težiti, u određenoj meri, funkcionalnoj integraciji zaštite u podsistem za nadzor i upravljanje (PNU), posebno funkcija upravljanja zaštitom, što u realizaciji izdvojenog SCC treba uzeti u obzir.

Osnovne funkcije SCC su:

- prikupljanje podataka o stanju i realizaciji funkcija zaštite u mreži;

— administracija podataka veza-
nih za zaštitu u celoj mreži;

— upravljanje funkcijama zaštite
na nivou mreže;

— generisanje i dostavljanje po-
dataka potrebnih za funkcije zaštite
u mreži.

Najveći deo doprinosa otpornosti
mreže se ostvaruje kroz integraciju sa
funkcijama PNU i to, pre svega, koje
se odnose na:

— kontrolu pristupa mreži,

— kontrolu integriteta poruke i
saobraćaja,

— zaštitu saobraćaja u okviru
PNU,

— funkciju i podatke potrebne za
komunikaciju u radio saobraćaju sa
frekventnim skakanjem.

Raspodeljeni elementi za realiza-
ciju i upravljanje zaštitom (DESC) re-
alizuju raspodeljene funkcije zaštite u
mreži i u lokalnu. U slučaju ispada SCC,
deo njegovih funkcija koje obezbeđu-
ju realizaciju svih funkcija zaštite, pri-
vremeno do uključanja rezervnog SCC,
preuzimaju DESC, tako da se, uz po-
većanje složenosti organizacije poslu-
živanja uređaja i povećanje vremena
za neke funkcije, omogućava izvršenje
svih funkcija zaštite, što je glavni do-
prinos DESC otpornosti mreže.

OFTM moraju imati mogućnost
komuniciranja sa drugim FTM i JTM,
ali pod uslovom da njihov priključak
ne smanjuje znatno postignutu otpor-
nost. Jedan deo navedenih zahteva i
pristupa za obezbeđenje otpornosti
FTM realizovan je u postojećim ino-
stranim rešenjima FTM (PTARMIN-
GAN, RITA, DELTAMOBILE, STK i
dr.).

Zaključak

Neki korisnici, kao što su državni
organi, veliki industrijski kompleksi,
banke, posebno vojska, postavljaju
pred telekomunikacione mreže bitne
zahteve koji se ne postavljaju pred ja-
vne telekomunikacione mreže. Javne
telekomunikacione mreže, i pored tre-
nda razvoja koji uključuje savremene
telekomunikacione tehnologije, sada i
u doglednoj perspektivi ne mogu is-
puniti te specifične zahteve.

Zbog toga je za takve korisnike,
posebno za vojsku, čiji su zahtevi naj-
složeniji, nužno realizovati posebne te-
lekomunikacione mreže, tzv. funkcio-
nalne telekomunikacione mreže. Jedna
od specifičnih komponenti koju zahte-
va vojska jeste otpornost (žilavost)
mreže, što javne telekomunikacione
mreže ne mogu ostvariti u odgovara-
jućem stepenu, čak ni dogradnjom.

Dominantan doprinos postizanju
visokog stepena otpornosti u uslovima
korišćenja u vojsci ostvaruje se preko
komponenata sigurnosti i upravljanja.
Zahtevi za obe komponente koje voj-
ska postavlja ne mogu se ostvariti u
javnoj telekomunikacionoj mreži.

Poseban elemenat za postizanje
otpornosti jeste mobilnost elemenata
mreže. Poslednja ratna dejstva na pro-
storima prethodne Jugoslavije nedvo-
smisleno potvrđuju da u današnjim
uslovima ratovanja očuvanje sistema
veza ima izgleda samo ako se u njega
ugrade jake komponente mobilnosti i
sigurnosti.

Javne telekomunikacione mreže
mogu se u određenim uslovima i seg-
mentima koristiti kao podrška ili te-
lekomunikaciona infrastruktura za ot-
porne funkcionalne telekomunikacione
mreže.

Literatura:

- [1] Sable, E. G., Kettler, H. W.: Intelligent network directions, AT&T Technical Journal, vol. 70, No 3-4, 1991.
- [2] Wyatt, G. T.: The Evaluation of Global Intelligent network architecture, AT&T, Technical Journal, vol. 70, No 3-4, 1991.
- [3] Russo, E. G., ... Intelligent network platforms in the U.S., AT&T Technical Journal, vol. 70, No 3-4, 1991.
- [4] Dudnika, B.: Nadežnost i živučas sistem svjazi, Moskva, Radio i svjaz, 1984.
- [5] McCarty, E. J.: Setting a Bloking Standard for Designing Survivable Networks, ITC-12, Torino, 1988.
- [6] Anderson, T., Kright, C.: A Framework for software Fault Tolerance in Real Time systems, IEEE Trans. on Software Engineering, vol. SE-9, may, 1983.
- [7] Ossfeld, E.: Maintaing Permanent and Temporary Faults in a Communications Sistems, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. SAC-4, No 4, oct. 1986.
- [8] Stanković, J.: A Perspective on Distributed Computer Systems, IEEE Trans. on Computers, vol. C-33, No 12, Dec. 1984.
- [9] International Standard ISO-7498-2, Security Aritecture.
- [10] Pavlić, M.: Sistem analiza i modeliranje po-dataka, Naučna knjiga, 1990.
- [11] Strelec, B.: Arhitektura otpornih funkcijskih telekomunikacionih mreža, JUTEL 88, Ljubljana.
- [12] Medden, R. W.: Operating a network management centre, Telecommunication Journal, vol. 51, mart 1984.
- [13] Bennett, C. K.: The Secure Data Network System, Defense Electronics, june, 1989.