

# SISTEMI ZA DALJINSKO TESTIRANJE KVALITETA MREŽE OPTIČKIH KABLOVA

## REMOTE FIBER TEST SYSTEMS

Andrija Kunarac, Vesna Kuljanin, Nenad Radenković, *TELEKOM SRBIJA, Beograd*

**Sadržaj:** Cilj rada je da predstavi savremeno rešenje problema nadgledanja i održavanja mreže optičkih kablova - sisteme za daljinsko testiranje kvaliteta mreže optičkih kablova, odnosno da kroz uopšteni opis strukture ovih sistema predstavi njihove mogućnosti. Zajedno sa mrežom koja je predmet nadgledanja, sistem možemo posmatrati kao jedinstvenu celinu. U radu je prikazan uopšteni model na kome je opisana struktura te celine, pojedini elementi sistema, kao i način na koji kroz međusobnu interakciju omogućavaju neprestano kontrolisanje stanja mreže.

**Abstract:** The goal of this paper is to present a new solution for maintenance and monitoring of fiber optic networks based on Remote Fiber Test Systems, and to present abilities of these systems through the general description of their structure. The monitored network and the System can be considered as a whole. The general model, components of the System and the way of enabling continuous monitoring through their interaction, are presented in this paper.

### 1. UVOD

Sa globalnom deregulacijom u telekomunikacijama došlo je do naglog skoka u razvoju komunikacionih tehnologija, proizvoda i usluga. Zahvaljujući razvoju tržišta, komunikacione kompanije su se susrele sa pojačanom konkurencijom, razvojem novih tehnologija i sve većim zahtevima i očekivanjima korisnika. Da bi opstao na tržištu u današnjim uslovima pojačane konkurencije, svaki operator mora da obezbedi efikasnu mrežu, zadovoljavajuće raspoloživosti, koja obezbeđuje savremene usluge na vrhunskom nivou, sa minimiziranim vremenima otkaza. Sa porastom konkurencije, operatori su počeli snažno da investiraju u razvoj sopstvene infrastrukture sa značajnim fokusom na automatizaciju upravljanja, održavanja i nadzora nad radom i kvalitetom svoje mreže. Upravljanje mrežom danas se smatra vitalnom strategijom poslovanja, neophodnom za postizanje brzog uvođenja novih usluga i obezbeđenje odgovarajućeg nivoa kvaliteta. Uz današnje cene uvođenja i primene sistema za nadzor nad mrežom, gde troškovi iznose manje od 50.000 \$ po lokaciji (u odnosu na više od 150.000 \$ pre samo tri godine), investicija se isplati već kod prvog otkaza mreže.

### 2. FUNKCIJA SISTEMA

Funkcionisanje ovih sistema bazira se na primeni OTDR tehnologije, a testiranja mogu da se vrše kako na aktivnim tako i na neaktivnim (tamnim) vlaknima. Izmerene vrednosti porede se sa memorisanim referentnim vrednostima. Ukoliko je odstupanje veće od dozvoljenog, alarmira se operator i generišu različiti izveštaji u skladu sa njegovim zahtevima.

Ovi sistemi nalaze primenu i u preventivnom i u korektivnom održavanju mreže, a testovi mogu da se obavljaju i na zahtev.

U smislu preventivnog odražavanja autorizovani korisnik u skladu sa unapred zadatim rasporedom startuje ciklus automatskog merenja. Za svako vlakno je moguće zadati koji parametri se ispituju i sa kojom periodom ponavljanja.

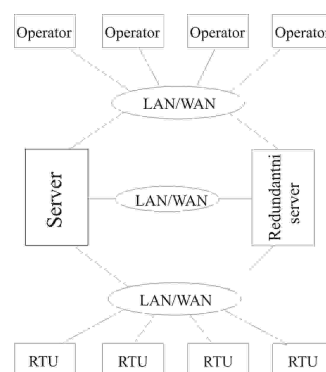
Kod korektivnog odražavanja, merenja započinju automatski na određenom vlaknu ili grupi vlakana po detektovanju greške i generisanju alarma od strane alarmnog modula koji je povezan sa uređajima za prenos.

Sistem omogućava i "merenje na zahtev" – u svakom trenutku autorizovani operator može da zahteva merenje na tačno određenom vlaknu.

### 3. ARHITEKTURA SISTEMA

Sistemi za nadzor nad mrežom su koncipirani tako da se sastoje od tri osnovne komponente:

- Centralnog servera – **TSC (Test System Controller)**
- Softvera za klijente (operatore)
- Integrisane testne opreme – **RTU (Remote Test Unit)**



Slika 1 Konfiguracija sistema

Centralni server (TSC) obezbeđuje bazu podataka, dokumentaciju mreže, prijavu alarma i obavljanje testova po unapred zadatim sekvencama, obavljanje testova na zahtev i konfigurisanje integrisane opreme za testiranje. TSC podržava softver za klijente što omogućava pristup sa udaljenog mesta funkcijama sistema za nadzor, uključujući konfiguraciju, dokumentaciju mreže, podatke o testovima, alarme i interfejs za izveštaje. Centralni server takođe

obezbeđuje i mrežni prolaz (Gateway) ka TMN-u koji obezbeđuje kompletan uvid u status mreže.

Integrirana oprema za testiranje (RTU) omogućava pristup elementima mreže koja se nadzire, u cilju obavljanja testova i merenja. U opštem smislu, RTU može obaviti OTDR merenja, nadgledati napajanje, spektar i još mnogo drugih ispitivanja i merenja, koja zahteva operator.

U smislu upravljanja klasičnom mrežom, celokupan sistem radi kao jedinstven element mreže, sa primarnim interfejsom kojeg obezbeđuje TSC. Kompletan nadzor nad kablovima/vlaknima obavlja se lokalno, pomoću RTU. U slučaju smetnje, RTU obezbeđuje kompletan izveštaj za TSC za potrebe daljeg analiziranja, uključujući detekciju smetnje, GIS lokalizaciju, korelaciju između raznih događaja u mreži i ostale odgovarajuće analize. TSC proverava smetnje se tada pretvara u kompletan izveštaj o nastaloj smetnji, koji se pojavljuje i lokalno, uz informaciju o nastanku alarma na konzoli operatora i centralnog alarma na sistemu za upravljanje. Na taj način, kompletan izveštaj o nastaloj smetnji, uključujući moguće uzroke i lokalizaciju, generiše se u intervalu od par minuta od nastanka smetnje.

#### 4. OPIS TESTNE OPREME

**Jedinica za daljinsko testiranje kablova (Remote Test Unit-RTU)** je uređaj koji sadrži sledeće module: izvor napajanja (PS), komunikacioni modul (COM), kontroler jedinice za daljinsko testiranje (CPU), OTDR, alarmni modul (AM). RTU čini funkcionalnu celinu sa komutatorskom jedinicom za pristup optičkim vlaknima (OTAU), koja, u nekim sistemima, može biti integrirana u RTU.

**Izvor napajanja (Power Supply module-PS)** napaja sve module iz umetka. Da bi se obezbedila neprekidnost napajanja, obično se RTU snabdeva preko eksternog izvora neprekidnog napajanja UPS-a (un-interruptible power supply unit).

**Komunikacioni modul (Communication module-Com)** se ugrađuje u RTU ukoliko se ne podrazumeva da se veza RTU sa centralnim serverom za nadgledanje sistema (TSC) ostvaruje kroz Ethernet interfejs kontrolera jedinice za daljinsko testiranje (CPU modul), ili na zahtev. Komunikacioni modul sadrži modem za ostvarivanje veze putem javne telefonske mreže.

**Kontroler jedinice za daljinsko testiranje (Central Processing Unit - CPU)** - ovaj modul sa mikroprocesorom upravlja svim funkcijama jedinice. Može se programirati da izvodi pojedinačna merenja u realnom vremenu (merenje na zahtev) i periodično skeniranje izabranog skupa vlakana, pri čemu se za svako vlakno mogu izabrati parametri merenja. Ove jedinice se prave tako da garantuju visok stepen fleksibilnosti, mogućnosti nadogradnje i jednostavnog održavanja. Kontroler je opremljen standardnim mrežnim adapterom za komunikaciju sa centralnim serverom TSC.

**Optički reflektometar u vremenskom domenu (Optical Time Domain Reflectometer-OTDR)** - obavlja zadata merenja na optičkim vlaknima. Da bi se obezbedilo neprekidno funkcionisanje RTU, može da postoji rezervni OTDR modul.

**Alarmni modul (Alarm module-AM)** - povezan je električno sa opremom za prenos. Koristi se za prikupljanje alarma, koje generiše oprema za prenos, s namerom da se startuju merenja na vlaknu zbog detektovanja abnormalnog stanja. Modul ima veći broj ulaza tako da može da detektuje

različita alarmantna stanja, na primer, nivo BER-a, prestanak napajanja uređaja za prenos, gubljenje nosioca, isključen laser itd.

**Jedinica za pristup optičkim vlaknima (Optical Test Access Unit modul-OTAU)** sadrži optičko komutaciono polje  $1 \times N$ , gde N (broj portova) može biti od 4 do 96. Preko ovih portova OTDR se povezuje sa nadgledanim vlaknima. OTAU mogu biti kombinovani na veliki broj načina tako da se može obezbediti efikasno i isplativo pokrivanje mreže. Prema nekim podacima, kombinovanjem OTAU, moguće je pomoću jedne RTU testirati i 5000 kablova. OTAU-i mogu biti električno kontrolisani (OTAU/E) što znači da se izbor porta na koji se vlakno povezuje ostvaruje električnim komandama iz CPU modula, ili optički kontrolisani (OTAU/O) optičkim signalom iz OTDR-a. OTAU-i mogu biti smešteni i na udaljenoj lokaciji u odnosu na RTU, na mestima račvanja kablova (Remote OTAU - ROTAU). Upotreba ovih modula omogućava ekonomski isplativo instaliranje i distribuiranje signala za nadgledanje kroz celu mrežu koju treba nadzirati.

Veza između OTAU i neaktivnih vlakana ostvaruje se upotrebom patchcord-a. U slučaju nadgledanja aktivnih vlakana veza se ostvaruje primenom WDM komponenti koje kombinuju aktivni (korisni) sa testnim signalom.

Za slučaj testiranja po aktivnom vlaknu, neophodne su i sledeće komponente:

**Multiplexer po talasnim dužinama (Wavelength Division Multiplexer - WDM)** - ostvaruje spregu između signala transmisiona opreme, koji nose saobraćaj, i signala OTDR-a, kako bi se mogli prenositi po istom vlaknu i zatvara petlju za OTDR svetlosni signal oko regeneratora (premošćuje regeneratore).

**Filter propusnik kraćih talasnih dužina (Short Pass Filter - SPF)** - Eliminira OTDR svetlosni signal pre ulaska u terminalnu opremu.

**Filter propusnik dužih talasnih dužina (Long Pass Filter - LPF)** - Eliminira svetlosni signal koji nosi saobraćaj pre ulaska u OTDR.

#### 5. INFORMACIONA PODLOGA

“Pamet” sistema, odnosno softver, nalazi se u TSC-u.

Sistem ima **informacionu bazu** koja sadrži sve informacije i o nadgledanoj mreži i o samom sistemu za nadgledanje. Ovi **sistemske podaci** čine osnovu za komunikaciju između svih procesa koji se odvijaju u samom sistemu i između sistema i operatora. Bilo koja operacija koja se sprovede na sistemu, bilo da je posledica delovanja operatora, ili događanja na terenu, mora biti zabeležena u ovoj informacionoj bazi. Pored sistemskih podataka, informaciona baza sadrži i ugrađen **skup rutina** koje obezbeđuju sve automatske operacije na podacima i automatsku razmenu podataka i interakciju sa drugim modulima.

U sistemu treba da bude obezbeđena redundansa koja obezbeđuje neprekidnu operativnost sistema. Osim glavnog centralnog servera potrebno je obezbediti postojanje replikativnog servera sa istim karakteristikama, koji u svakom momentu može da preuzme ulogu glavnog, uz sinhronizaciju procesa u bazi podataka i switch-over proces. Napajanje servera treba da bude realizovano preko UPS-a. Takođe je potrebno obezbediti tape-backup sistema, softversku mogućnost za dnevni backup i oporavak sistema, najmanje dva hard diska za tzv. mirroring u slučaju otkaza glavnog diska, i sigurno brisanje zastarelih podataka iz baze.

Događanje u informacionoj bazi (izazvano npr. promenom u konfiguraciji uređaja na terenu, zahtevom za merenjem, itd.) aktivira deo softvera, koji je zadužen za prevođenje makro instrukcije namenjene testnoj opremi (RTU) u skup komandi, a u drugom smeru, beleži u bazu podataka merne podatke dobijene iz RTU-ova. Takođe, ovaj softver obezbeđuje odgovarajući interfejs i protokol za komunikaciju operatora sa RTU.

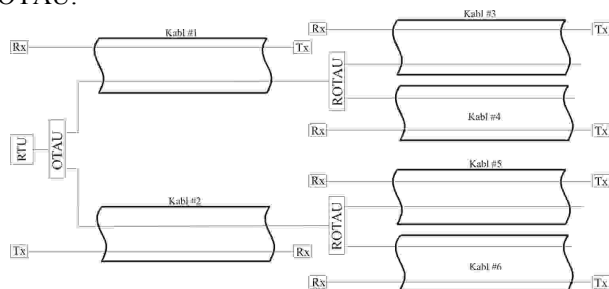
Sistem pruža mogućnost integracije sa TMN kroz **protokolarni mrežni prolaz** koji je kao zaseban hardver i softver, ili samo softver lociran na višem nivou.

Sistem dozvoljava da operator pristupi informacionoj bazi putem grafičkog interfejsa. Kao opcija se nudi softver poznat kao **geografski informacioni sistem (GIS)** koji mogućnosti sistema kombinuje sa kompletno digitalizovanom geografskom mapom. Na ovaj način jednostavno se lokalizuje mesto smetnje na kablju, sa preciznim geografskim koordinatama i prezentira na mapi.

Zbog kompleksnosti savremenih kablovskih mreža, racionalno je organizovati njihovo nadgledanje po regionalnom principu. U tom slučaju, TSC postaje centralni server za određeni region. TSC-ovi iz više regiona se povezuju sa nadređenim serverom na višem nivou, radi uvida u stanje kompletne mreže optičkih kablova. U skladu sa principom izgradnje mreže (lokalni, regionalni i nacionalni nivo), može se organizovati i nadgledanje mreže optičkih kablova.

## 6. REALIZACIJA SISTEMA

Postoje dva moguća načina realizacije nadzora nad mrežom optičkih kablova: po neaktivnom (tamnom) vlaknu i po aktivnom vlaknu. Kod nadzora po neaktivnom vlaknu, RFTS vrši nadzor po vlaknu/vlaknima koje ne nosi saobraćaj. Time je ovakva vrsta nadzora ograničena na upotrebu samo određenih vlakana iz datog kabla. Pravilnim izborom vlakana na ovaj način može se detektovati i lokalizovati i do 90% smetnji. Kod nadzora po aktivnom vlaknu, RFTS nadzire vlakno koje nosi saobraćaj. U ovom slučaju, talasna dužina testiranja je van opsega talasnih dužina koje prenose saobraćaj, a sva vlakna u kablju mogu biti nadzirana po potrebi. U zavisnosti od konfiguracije mreže, u oba slučaja nadziranja može se pojaviti potreba i za korišćenjem ROTAU.

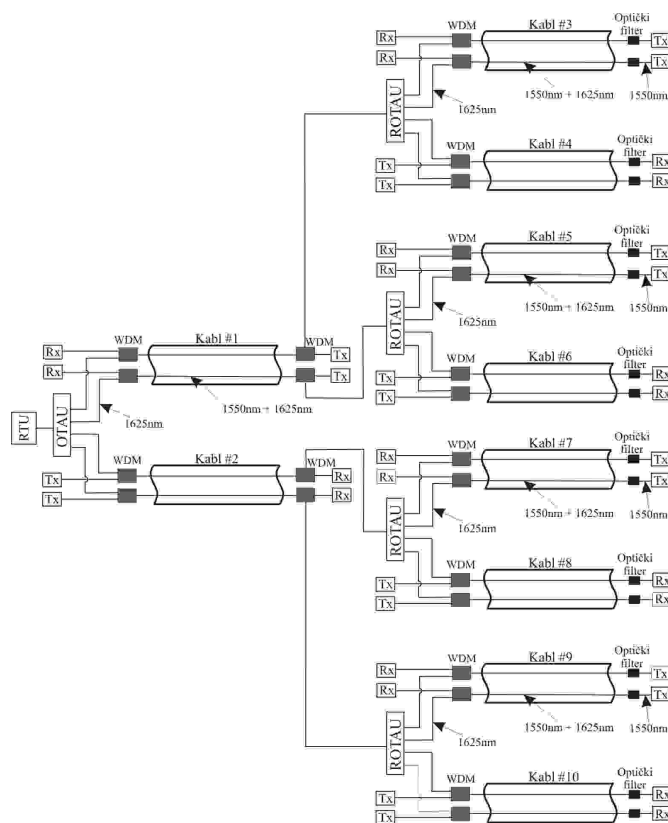


Slika 2 Primer nadgledanja po neaktivnim vlaknima uz korišćenje ROTAU

Izbor talasne dužine za testiranje bazira se na sledećem:

- Dinamički opseg OTDR-a u dB
- Opseg, u kojem će OTDR obavljati testove, u kilometrima
- Zahtevana osetljivost na makro-savijanja

- Interferencija sa talasnom dužinom svetlosnog signala, koji nosi saobraćaj.



Slika 3 Primer nadgledanja po aktivnim vlaknima uz korišćenje ROTAU

1550nm je najčešće korišćena talasna dužina za vršenje nadzora po neaktivnom vlaknu, zbog malog slabljenja, koje vlakna imaju na toj talasnoj dužini. Na 1550nm je takođe relativno dobra osetljivost za detekciju makro-savijanja (što je veća talasna dužina OTDR-a, veća je osetljivost).

U nekim slučajevima, izbor je 1625nm, iz tri razloga: 1) 1625nm ima najveću osetljivost na detekciju makro-savijanja, 2) Sistem za nadzor je moguće kasnije nadgraditi za testiranje vlakana koja nose saobraćaj, 3) OTDR opseg za testiranje na 1625nm nije mnogo kraći nego na 1550 nm.

Postoje dva različita slučaja nadzora po aktivnom vlaknu:

- Mreže sa jednom optičkom komunikacionom talasnom dužinom
- Mreže sa više od jedne optičke komunikacione talasne dužine (WDM i DWDM)

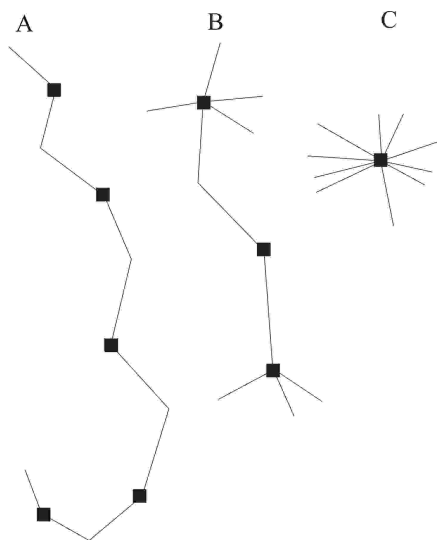
Kod mreža, koje koriste samo jedan optički kanal, 1625nm je najčešće korišćena talasna dužina za vršenje nadzora po aktivnom vlaknu. 1625nm se koristi jer između te talasne dužine i talasne dužine svetlosnog signala, koji nosi saobraćaj, 1550nm, postoji dovoljan razmak, a visoka je i osetljivost OTDR-a za detekciju makro-savijanja. Ako je optički komunikacioni kanal na 1310nm, za obavljanje nadzora po aktivnom vlaknu može se koristiti 1550nm ili 1625 nm. Ako se prenos vrši na 1310nm i na 1550nm, za nadzor će se koristiti 1625nm.

Kod DWDM sistema u nekim slučajevima se 1625nm koristi kao kanal za nadziranje transmisiona opreme (sistema

prenosa). U ovim slučajevima 1625nm se ne može koristiti za nadzor nad mrežom optičkih kablova, pa za ovo preostaje 1310nm.

## 7. PRIMENE U RAZLIČITIM TOPOLOGIJAMA MREŽE

Način primene RFTS opreme uslovljen je topologijom mreže i ukupnim slabljenjem. Na sledećem primeru su prikazane tri različite konfiguracije optičkih mreža, od kojih svaka ima ukupno slabljenje od po 350 dB (10 segmenata po 35dB) na talasnoj dužini signala OTDR-a.



Slika 4 Tri različite topologije mreže

Uz pretpostavku da je:

- dinamički opseg OTDR-a 40dB;
- slabljenje koje unosi OTAU manje od 1.5dB;
- slabljenje koje unosi WDM manje od 1 dB;
- margina software-a za analizu vlakna oko 2dB;

efektivni dinamički opseg se izračunava kao:

Efektivni opseg (dB) = Dinamički opseg (dB) – slabljenje koje unosi OTAU (dB) – slabljenje koje unosi WDM (dB) – margina softvera za analizu vlakana (dB), odnosno, za navedene vrednosti:

$$\text{Efektivni opseg (dB)} = 40 \text{ dB} - 1,5 \text{ dB} - 1 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 35,5 \text{ dB}.$$

Sve mreže, prikazane na slici 4, sastoje se od segmenata, od kojih svaki ima slabljenje od 35 dB. To znači da se jednom RTU može pokriti jedan segment, uz dodatnu marginu od 0,5 dB. Sledi:

U slučaju A) sa slike 4 potrebno je ukupno 5 RTU za nadzor nad mrežom, onako kako je prikazano na slici (RTU i OTAU su prikazani pomoću crnih kvadratića). U slučaju A) i u slučaju B) RTU su konfigurisane tako, da po dve obavljaju testove u suprotnim smerovima na istom kablov, pa, na taj način, dozvoljeno rastojanje u dB između dve RTU postaje  $2 \times 35,5 \text{ dB} = 71 \text{ dB}$ .

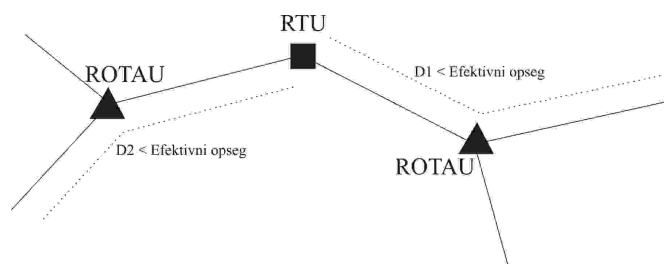
U slučaju B) dovoljne su 3 RTU, jer se između dva čvora nalaze 3 segmenta kablova.

U slučaju C) kompletna mreža se može nadzirati pomoću samo jedne RTU i jedne OTAU.

Ako se vrše testovi na po dva vlakna u kablov: slučaj A) zahteva 5 OTAU u konfiguraciji 1x4; slučaj B) zahteva jedan OTAU u konfiguraciji 1x4, jedan OTAU u konfiguraciji 1x8 i jedan OTAU u konfiguraciji 1x10; u slučaju C) potreban je jedan OTAU u konfiguraciji 1x20.

Ovo pokazuje da, u zavisnosti od topologije mreže, ukupan broj potrebnih RTU može lako varirati i do faktora 5, za istu veličinu mreže.

U principu, što je mreža mešovitija, potrebno je manje RTU-a.



Slika 5 Primer korišćenja ROTAU

Na slici 5 prikazano je kako se mreža može nadzirati pomoću jedne RTU (na slici prikazana kao crni kvadratić) i ROTAU (RTU u sebi takođe sadrži i lokalni OTAU). Oba slabljenja, D1 i D2 (u ova slabljenja uključena su i slabljenja ROTAU), su manja od efektivnog opsega. Svetlosni signal OTDR-a iz RTU može se, na ovaj način, korišćenjem udaljenih optičkih komutatora, prosleđivati iz grane u granu.

Alternativa ovom rešenju je smeštanje dve dodatne RTU (svaka sa svojom lokalnom OTAU) na lokacije udaljenih OTAU sa slike 5. Sa funkcionalne tačke gledišta, ova dva rešenja su slična, ali sa stanovišta ukupne cene, udaljene OTAU treba koristiti, kada god je to moguće, da bi se postigla što je moguće niža cena.

Za primer sa slike 5, lista opreme za ova dva slučaja je:

Način rešavanja	Količina
• Sa korišćenjem udaljenih OTAU	
RTU	1
lokalni OTAU	1
udaljeni OTAU	2
• Bez korišćenja udaljenih OTAU	
RTU	3
lokalni OTAU	3

Cena kompleta RTU = OTAU je oko 7 puta viša nego cena samog OTAU. To znači da se za gornja dva slučaja cena razlikuje oko 3 puta.

## 8. INFORMACIJE POTREBNE PRI PLANIRANJU

Da bi se RFTS oprema primenila u mreži na najbolji mogući način, potrebno je raspolagati određenim informacijama o samoj mreži. Za postizanje 100% korektnog pokrivanja mreže, uz korišćenje minimuma opreme, planiranje treba da bude bazirano na sledećim informacijama:

- Dijagram mreže, na kojem je prikazana topologija mreže

- Lokacije na kojima može biti smeštena oprema (uređena mesta sa pristupom napajanju i ostalim komunikacijama)
- Dužine kablova
- Broj vlakana po kablu
- Slabljenje vlakana
- Slabljenje na konektorima
- Slabljenje na splajsovima
- Čemu se daje prednost – testiranju po aktivnom ili neaktivnom vlaknu
- Broj vlakana po kablu, koje treba nadzirati
- Vrsta optičkih konektora
- Čemu se daje prednost – sistemu pod UNIX-om ili sistemu pod Windows-om
- Izbor jednog ili dva TSC, pri čemu je jedan primarni, a drugi je sekundarni računar za back-up, u svrhu obezbeđenja redundanse
- Broj pratećih računara-operatora (oni su klijenti za određeni server)
- Lokacije za smeštaj pratećih računara

Preciznost rešenja i tačnost razmeštanja opreme zavisi od tačnosti i količine potrebnih informacija sa kojima se raspolaže.

## 9. ZAKLJUČAK

RFTS omogućava neprekidan uvid u stanje mreže. Na taj način, održavanje mreže optičkih kablova postaje efikasnije i kvalitetnije što se ogleda u:

- povećanju sigurnosti i raspoloživosti mreže,
- poboljšanju kvaliteta usluga,
- smanjenju vremena potrebnog za otklanjanje smetnje,
- blagovremenom uočavanju degradacije kvaliteta tokom preventivnog održavanja i omogućavanju pravovremenih aktivnosti pre pojave totalnih otkaza,
- smanjenju troškova održavanja mreže,
- smanjenju gubitaka usled prekida saobraćaja,
- olakšanom definisanju uzroka prekida saobraćaja (da li je uzrok prekida kvar na nekom od uređaja za prenos ili na kablovima),
- optimizaciji ljudskih resursa,
- poboljšanju uslova rada zaposlenih na održavanju.

Za primenu RFTS-a ne postoji univerzalno rešenje. Konfiguracija zavisi od same mreže, zahteva i cene pa je od izuzetnog značaja osobina ovih sistema da mogu jednostavno da se proširuju, tj. da mogu da "rastu" po potrebi, u skladu sa razvojem mreže

Primena sistema za daljinsko nadgledanje mreže optičkih kablova je u svetu veoma aktuelna kako sa stanovišta povećanja kvaliteta funkcionisanja mreže, tako i sa stanovišta očuvanja pozicija na deregulisanom tržištu telekomunikacionih servisa.

## 10. LITERATURA

- [1] [www.gnnettest.com](http://www.gnnettest.com)
- [2] [www.agilent.com](http://www.agilent.com)
- [3] [www.exfo.com](http://www.exfo.com)
- [4] [www.lancier.com](http://www.lancier.com)
- [5] [www.wwgsolutions.com](http://www.wwgsolutions.com)
- [6] [www.crescentint.com](http://www.crescentint.com)
- [7] [www.lucent-optical.com](http://www.lucent-optical.com)
- [8] OCN-MS, katalog proizvođača Nicotra Sistemi spa
- [9] Lightwave Test&Measurement, katalog proizvođača EXFO
- [10] Sistemi za daljinsko testiranje kvaliteta mreže optičkih kablova, Biljana Avramović, dipl.ing., Milivoje Žunić, dipl.ing.