

Koncept jednog rešenja za upravljanje putanjama u SDH mreži

Petar Knežević, Miroslav Ilić, Mihailo Stanić, Dragan Pešić, Dragan Katanić,
Ljubomir Murar, Ninko Radivojević, *IRITEL Beograd*
Zoran Čiča, *Elektrotehnički fakultet u Beogradu*

Sadržaj — Uvođenje SDH putanje kao osnovnog entiteta omogućava efikasno upravljanje SDH mrežom sa aspekta pružanja servisa transporta telekomunikacionih signala korisnicima SDH mreže. U ovom radu opisan je način upravljanja SDH putanjama u softveru SUNCE-M, namenjenom upravljanju IRI TEL telekomunikacionim uređajima.

Ključne reči — SDH, TMN, IRI TEL, upravljanje, SUNCE-M, SDH putanja

I. UVOD

Bitna karakteristika SDH mreža [1,2,3] je mogućnost upravljanja putanjama kojima se prenose virtualni kontejneri. Budući da SDH signali mogu da sadrže veliki broj kontejnera (STM-4 do 252, a STM-16 do 1008 virtualnih kontejnera VC-12), upravljanje SDH putanjama, čak i u mrežama male veličine, predstavlja složen zadatak.

U ovom radu je prikazan koncept rešenja upravljanja koje je realizovano kao sastavni deo softverskog paketa SUNCE-M, namenjenog upravljanju telekomunikacionom opremom razvijenom u IRI TEL-u.

U odeljku II su predstavljene opšte, a u odeljku III, konkretne postavke upravljanja SDH putanjama. Zatim su predstavljeni primenjeni algoritmi (odeljak III), razmatrani elementi procene vremenske kompleksnosti algoritama (odeljak IV) i prikaz mogućih dodatnih funkcija (odeljak V). Na kraju je dat zaključak sa osvrtom na ciljeve daljeg razvoja u oblasti upravljanja putanjama.

II. OPŠTE POSTAVKE UPRAVLJANJA SDH PUTANJAMA

Kompleksnost postupka upravljanja u telekomunikacionim mrežama, na koju se po pravilu

P. Knežević, Iritel A.D., Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon 381-11-30-73-400; e-mail: petar@iritel.com).

M. Ilić, Iritel A.D., Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon 381-11-30-73-400; e-mail: miroslav@iritel.com).

M. Stanić, Iritel A.D., Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon 381-11-30-73-400; e-mail: mihailo@iritel.com).

D. Pešić, Iritel A.D., Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon 381-11-30-73-400; e-mail: draganp@iritel.com).

D. Katanić, Iritel A.D., Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon 381-11-30-73-400; e-mail: dragank@iritel.com).

Lj. Murar, Iritel A.D., Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon 381-11-30-73-400; e-mail: ljubomir.murar@iritel.com).

N. Radivojević, Iritel A.D., Batajnički put 23, 11080 Beograd, Srbija (telefon 381-11-30-73-400; e-mail: radni@iritel.com).

Z. Čiča, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (telefon 381-11-33-70-075; e-mail: cicasil@etf.bg.ac.yu).

nadovezuju zahtevi u pogledu mogućnosti proširenja mreže, kao i zahtevi u pogledu otvorenosti za nova i bolja rešenja, može se jedino uspešno rešiti primenom slojevite arhitekture sistema upravljanja. Saglasno tome, ITU-T je usvojila TMN preporuke [4] u kojima se proces upravljanja u telekomunikacionim mrežama dekomponuje na sledeća četiri sloja:

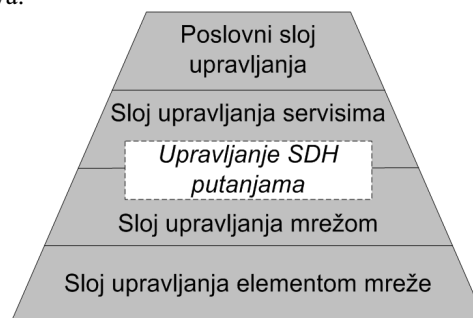
- sloj upravljanja elementom mreže
- sloj upravljanja mrežom
- sloj upravljanja servisima
- poslovni sloj upravljanja

Najniži sloj je upravljanje elementom mreže. Ovaj sloj, koristeći informacioni model, komunicira sa pojedinačnim uređajima u mreži da bi ih nadgledao i konfigurisao.

Sloj upravljanja mrežom omogućava upravljanje funkcijama distribuiranim na više uređaja u mreži. Ovaj sloj je zadužen za formiranje kompletnog pregleda mreže uključujući i trenutne poremećaje u mreži, kao i upravljanje telekomunikacionim saobraćajem u mreži.

Sloj upravljanja servisima zadužen je za upravljanje aspektima mreže koji su vidljivi krajnjim korisnicima usluga mreže. Primeri funkcionalnosti ovog sloja su upravljanje kvalitetom servisa, obračun troškova, dodavanje i uklanjanje korisnika mreže.

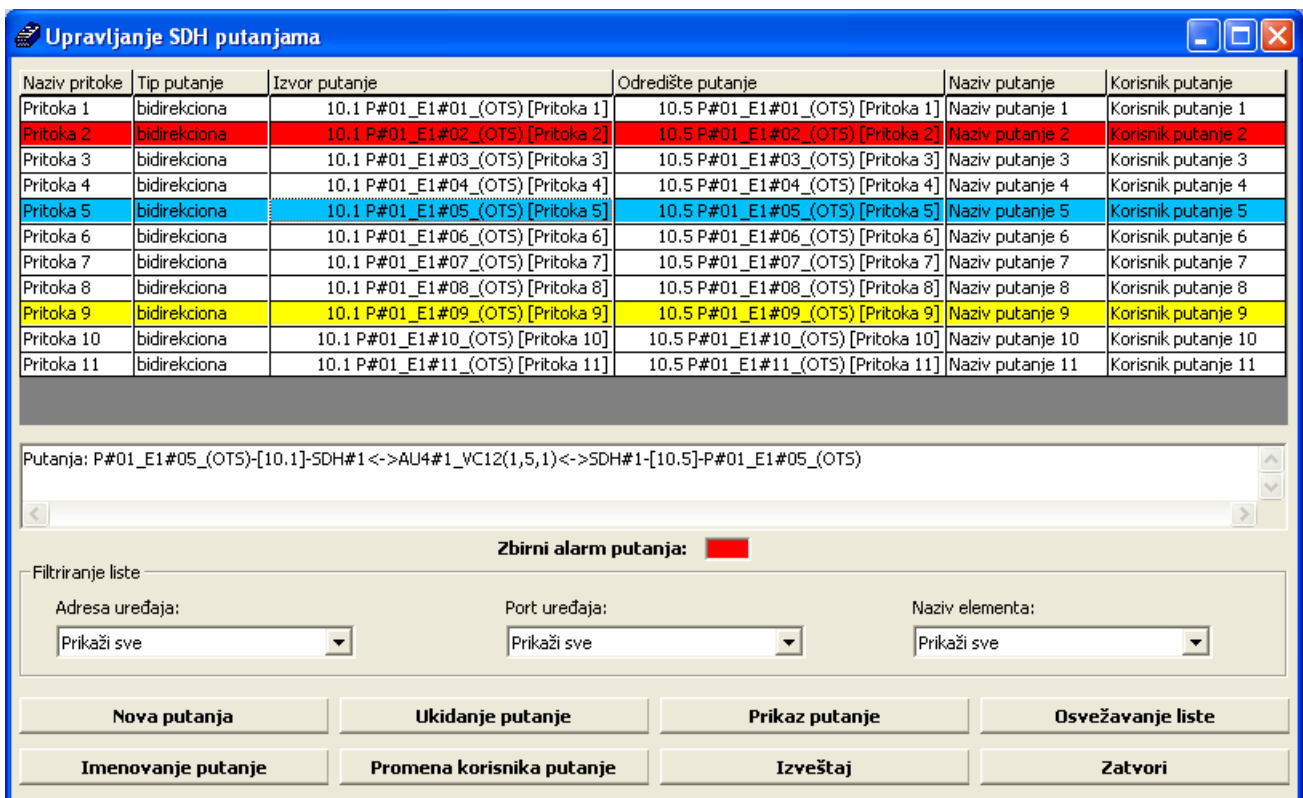
Poslovni sloj upravljanja sadrži funkcije bitne za upravljanje poslovnim sistemom, vlasnikom telekomunikacione mreže. Funkcije ovog sloja uglavnom se odnose na zadavanje i praćenje izvršenja poslovnih planova.



Sl. 1. Slojevi sistema upravljanja

Putanja virtualnog kontejnera u SDH mreži određena je matricama prospajanja SDH virtualnih kontejnera. Korišćenjem funkcija sloja upravljanja elementom mreže moguće je direktno upravljati konfiguracijom matrice prospajanja na pojedinačnom uređaju.

Direktna konfiguracija matrice prospajanja od strane operatera podložna je greškama zbog velikog broja veza koje treba održavati. Takođe, pregled stanja SDH putanja korišćenjem funkcija sloja upravljanja elementom mreže



Sl. 2. Izgled forme „Upravljanje SDH putanjama”

zahteva naporno ručno povezivanje detektovanih alarma sa putanjama kojima su ti alarmi pridruženi.

SDH putanja prolazi kroz više uređaja, i funkcije upravljanja SDH putanjom su dominantno locirane u sloju upravljanja mrežom (Sl. 1). Sloj upravljanja mrežom zadužen je za automatsko izvršavanje operacija na pojedinačnim uređajima, radi postizanja usklađene konfiguracije na celom toku putanje. On omogućava pronalaženje mogućih SDH putanja na osnovu zadatih kriterijuma, uspostavljanje izabrane putanje, raskidanje postojećih putanja, kao i povezivanje aktivnih alarma sa postojećim putanjama.

Funkcionalnost upravljanja SDH putanjama koja se odnosi na kvalitet servisa locirana je u sloju upravljanja servisima (Sl. 1). Ova funkcionalnost obuhvata praćenje istorije rada SDH putanje i vođenje evidencije o njenoj raspoloživosti.

III. UPRAVLJANJE SDH PUTANJAMA U SOFVERU SUNCE-M

Softver SUNCE-M [5,6,7,8,9,10] je namenjen upravljanju mrežom IRITEL telekomunikacionih uređaja. SDH uređaji familije ODS/OTS2G5 IRITEL omogućavaju prenos brzinama do 2.5 Gbit/s (STM-16). IRITEL je proizveo i familiju STM-4 SDH uređaja ODS/OTS622 [11] i familiju STM-1 SDH uređaja ODS155 [12].

Osnovna funkcionalnost upravljanja SDH putanjama u softveru SUNCE-M raspoređena je na formama „Upravljanje SDH putanjama” i „Formiranje putanje”.

Funkcionalnost forme „Upravljanje SDH putanjama”, prikazane na Sl. 2, obuhvata:

- proračun postojećih putanja na osnovu očitanih matrica prospajanja virtuelnih kontejnera

- prikaz liste putanja sa indikacijom nivoa značaja trenutno aktivnog alarma za svaku putanju
- prikaz zbirnog alarma za sve postojeće putanje
- filtriranje liste putanja na osnovu adresa uređaja, telekomunikacionih portova uređaja i pozicije virtuelnih kontejnera u SDH multipleksu
- ukidanje putanje izborom željene putanje iz liste putanja i zadavanjem komande za ukidanje te putanje
- formiranje izveštaja o konfiguraciji SDH putanja u mreži upravljanja

Lista SDH putanja na formi „Upravljanje SDH putanjama” (Sl. 2) prikazuje atribute pridružene putanji u softveru SUNCE-M.

Atribut „Naziv putanje” je naziv dodeljen pritoci koja koristi posmatranu SDH putanju. U softveru SUNCE-M pojedinačnim pritokama dodeljeni su nazivi koje unosi operater sistema.

Atribut „Tip putanje” određuje direkcionalnost i tip zaštite putanje. Moguće vrednosti su: bidirekcionalna, unidirekcionalna, zaštićena bidirekcionalna, zaštićena unidirekcionalna i nedovršena. U slučaju unidirekcionalnih putanja bitno je razlikovati izvor i odredište putanje. U slučaju bidirekcionalnih putanja određivanje izvorišta i odredišta je samo od administrativnog značaja.

Atributi „Izvor putanje” i „Odredište putanje” predstavljaju krajnje tačke SDH putanje. Ovi atributi mogu sadržati identifikaciju signala na pritočnim telekomunikacionim portovima SDH uređaja, ali i identifikaciju tačke prelaza virtuelnog kontejnera u deo mreže upravljanja koji nije pod nadzorom softvera SUNCE-M.

Atributi „Naziv putanje” i „Korisnik putanje” sadrže administrativne podatke koje popunjava operater sistema

koristeći dugmad „Imenovanje putanje” i „Promena korisnika putanje”, prikazanu na Sl. 2.

Formiranje nove SDH putanje korišćenjem forme „Formiranje putanje” izvršava se u nekoliko koraka:

- zadavanje izvora i odredišta putanje, kao i tipa putanje. Softver zatim pronalazi sve moguće SDH putanje kroz mrežu koje zadovoljavaju zadate parametre.
- izbor niza uređaja kroz koji će putanja prolaziti. U slučaju zaštićenih putanja potrebno je izabrati po jedan niz uređaja za svaki krak zaštićene putanje.
- po izboru niza uređaja otvara se mogućnost izbora telekomunikacionih portova i putanje virtuelnog kontejnera. Po izboru ovih parametara moguće je započeti proces programiranja SDH uređaja u cilju uspostave nove SDH putanje.

Na zahtev sa formi „Upravljanje SDH putanjama” i „Formiranje putanje”, grafički prikazi SDH putanja iscertavaju se na formi sa grafički prikazanom topologijom upravljane telekomunikacione mreže, čime je omogućen efikasniji rad operatera.

Pri svakom pokretanju forme „Upravljanje SDH putanjama”, trenutno stanje putanja u SDH mreži poredi se sa stanjem sačuvanim u lokalnoj bazi podataka. Detektovane razlike prijavljuju se operateru posredstvom forme „Ukinute i rekonstruisane putanje”. Rekonstruisane putanje su putanje koje su zapamćene u lokalnoj bazi podataka, ali su u nekom trenutku bile ukinute i nisu postojale u SDH mreži do trenutka rekonstrukcije. Na formi „Lista mogućih putanja za rekonstrukciju”, moguće je definisati koje se SDH putanje čuvaju u lokalnoj bazi podataka u cilju poređenja sa trenutnim stanjem u SDH mreži.

IV. OPIS PRIMENJENIH ALGORITAMA

Osnovni algoritmi vezani za upravljanje SDH putanjama odnose se na:

- pronalaženje postojećih putanja
- pronalaženje slobodnih putanja
- uspostavljanje nove putanje
- ukidanje postojeće putanje

Algoritmi će biti opisani u osnovnim crtama, bez posebnog osvrta na detalje organizacije programskog koda.

Pronalaženje postojećih putanja podrazumeva rekonstrukciju svih putanja virtuelnih kontejnera kroz SDH mrežu, na osnovu poznatih matrica prospajanja u uređajima i veza između uređaja. Implementirani algoritam vrši pronalaženje postojećih putanja počevši od pritočnih interfejsa i prateći putanje kroz SDH uređaje u mreži. U toku pronalaženja putanja, virtuelnim kontejnerima u mreži dodeljuje se informacija o telekomunikacionom signalu koga kontejner prenosi. Takođe, u toku procesa pronalaženja putanja, utvrđuje se o kom tipu putanje se radi.

Algoritam pronalaženja slobodnih putanja kao ulaze ima elemente između kojih treba formirati putanju, direkcionalnost putanje, matrice prospajanja svih elemenata u mreži i veze između elemenata u mreži. Polazeći od izvorišnog elementa, na osnovu proračunatog spiska slobodnih virtuelnih kontejnera na svakoj deonici,

utvrđuju se sve moguće SDH putanje datog tipa između elemenata. Potom operater sistema može odabrati željenu putanju, i korišćene resurse (pritočne interfejse i virtuelne kontejnere) na svakom elementu putanje.

Opisano sistematsko pretraživanje primenjuje se umesto poznatih algoritama za nalaženje najkraćih putanja u grafu, zato što je kriterijum uspostave SDH putanja promenljiv od slučaja do slučaja, i operateru je neophodno ponuditi sve moguće putanje. Osobina implementiranog algoritma za pronalaženje slobodnih SDH putanja je da rezultat biva sortiran po broju trasa koje slobodna putanja koristi.

Po izboru željenih putanja, operater ima mogućnost zadavanja komande za uspostavljanje nove putanje. Na osnovu izabrane putanje, proračunavaju se neophodne promene u matrici prospajanja i na uređaju se izvršavaju potrebna podešavanja. Ukidanje SDH putanje je slično uspostavljanju putanje.

V. VREMENSKA KOMPLEKSNOST ALGORITAMA

Procena vremenske kompleksnosti algoritma [13] omogućava procenu vremena izvršavanja algoritma za različite skupove ulaznih podataka. Ova procena je od interesa u slučaju proračuna vezanih za SDH putanje zbog moguće velike količine podataka koje treba obraditi.

U cilju procene vremenske kompleksnosti algoritama vezanih za upravljanje SDH putanjama, za SDH mrežu je potrebno definisati skup SDH uređaja C, skup SDH deonica D i skup pritoka na SDH uređajima P. Kardinalnost skupova C, D i P, označena sa $|C|$, $|D|$ i $|P|$, predstavlja broj elemenata svakog od skupova.

Priprema za izvršavanje algoritma pronalaženja SDH putanja obuhvata obradu podataka u matricama prospajanja uređaja u cilju direktnog učitavanja izlaznih pozicija za svaki ulaz i ima kompleksnost srazmernu broju uređaja, $O(|C|)$. Pripremu matrice prospajanja moguće je izvršiti kada se matrica prvi put učita. Zatim je, po detekciji promena u matrici prospajanja, moguće izvršiti samo korekcije vezane za tu promenu.

Uobičajeno, ni jedna SDH putanja ne koristi istu deonicu više od jedanput. Ako se pretpostavi i da jedan pritočni interfejs ne učestvuje u više od jedne putanje, kompleksnost pretrage će biti $O(|P||D|)$. Slučajevi koji nisu uzeti u obzir u izrazu za kompleksnost podržani su algoritmom, ali nisu od interesa za razmatranje vremenske kompleksnosti, jer su retki u praksi.

Zbog velikog broja pritoka koje se prenose tipičnom SDH mrežom, vreme pronalaženja postojećih putanja u mreži može se produžiti toliko da bude osetno za operatera. Iz tog razloga, ovaj proračun se obavlja jednom, na početku rada sa formama za upravljanje SDH putanjama. U toku rada ovaj proračun je moguće izvršiti na zahtev operatera.

Algoritam pronalaženja slobodnih putanja je manje zahtevan od algoritma pronalaženja postojećih putanja. Ažuriranje lista slobodnih virtuelnih kontejnera na deonicama ima kompleksnost $O(|D|)$, pri čemu je moguće ažurirati liste samo za deonice u čijim krajnjim uređajima su promenjene matrice prospajanja. Nakon toga sledi pronalaženje i beleženje putanja između izvorišnog i odredišnog čvora sa deonicama koje imaju slobodne

resurse, čija vremenska kompleksnost je procenjena izrazom $O(|D|+|C|)$. Vremena proračuna slobodnih putanja linearno su zavisna od veličine SDH mreže i dovoljno su kratka za efikasan rad.

Algoritmi za formiranje i ukidanje putanja rade na znatno manjem skupu ulaznih podataka od algoritma za pronalaženje postojećih pitanja i algoritma za pronalaženje novih putanja, pošto kao ulaz dobijaju listu resursa putanje koju treba formirati ili ukinuti. Na vreme njihovog izvršavanja dominantno utiče proces komunikacije sa uređajem u toku konfiguracije matrice prospajanja.

Kompleksnost procedure pridruživanja detektovanih alarmnih stanja pojedinačnim putanjama svodi se na poznati problem pronalaženja elementa u sortiranoj listi.

VI. MOGUĆE DODATNE FUNKCIJE

Funkcije upravljanja SDH putanjama opisane u ovom radu predstavljaju osnovu za složenije automatske funkcije, koje mogu povećati raspoloživost i iskorišćenje SDH mreže.

Jedna od dodatnih funkcija može biti automatska zaštita saobraćaja, koja funkcioniše tako što sistem upravljanja, na osnovu informacija o alarmima u mreži, prebacuje saobraćaj na ranije formirane rezervne putanje, ili novoformirane putanje koje koriste unapred rezervisane resurse. U odnosu na automatske mehanizame zaštite saobraćaja [14], koji se u potpunosti izvršavaju na SDH uređajima, zaštita saobraćaja koja se oslanja na sistem upravljanja je sporija, ali nudi fleksibilnost u izboru količine resursa rezervisanih za zaštitu.

Drugo moguće proširenje odnosi se automatsko formiranje i ukidanje putanja kroz mrežu na osnovu kriterijuma kao što je povećana potreba za propusnim opsegom pri prenosu paketskih signala. U ovom slučaju resurse putanje neće birati operater, već će se automatski izbor vršiti na osnovu konfigurisanog skupa resursa koje je moguće koristiti i metrike koja određuje cenu putanje. Korišćenjem ove funkcionalnosti moguće je povećati iskorišćenost mreže. Ovakvi algoritmi u određenim slučajevima mogu biti zamena za implementaciju ASTN/GMLS [15] funkcionalnosti u SDH mreži.

VII. ZAKLJUČNI KOMENTAR

Broj veza koje je moguće ostvariti u savremenoj SDH mreži zahteva korišćenje automatskih obrada podataka koje izvršavaju funkcije upravljanja mrežom, opisane u TMN preporukama, među kojima je upravljanje SDH putanjama.

Softver SUNCE-M omogućava pregled SDH putanja i njihovih stanja, kao i uspostavljanje i ukidanje SDH putanja. Time je operateru sistema omogućen efikasan rad.

Upravljanje SDH putanjama opisano u ovom radu obuhvata funkcije sloja upravljanja mrežom. Sledeći korak je implementacija funkcija sloja upravljanja servisima, sa težištem na upravljanju kvalitetom servisa.

Funkcionalnost sloja upravljanja servisima treba da obuhvati prikaz istorije alarma, performansi rada i raspoloživosti za svaku putanju. Još jedna interesantna funkcija je omogućavanje korisniku iznajmljene putanje direktnog i neprekidnog uvida u podatke o raspoloživosti putanje i njeno trenutno stanje.

Dodatna moguća proširenja sistema obuhvataju automatsku zaštitu saobraćaja promenom korišćenih putanja, kao i automatsko formiranje i ukidanje putanja na osnovu promenljivih zahteva za propusnim opsegom pri prenosu paketskog saobraćaja kroz SDH mrežu.

ZAHVALNICA

Rad na ovom projektu delimično je finansiran sredstvima Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] ITU-T preporuka G.707/Y.1322, "Network node interface for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)", 02/2000
- [2] ITU-T preporuka G.783, "Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks", 02/2004
- [3] ITU-T preporuka G.805, "Generic functional architecture of transport networks", 02/2004
- [4] ITU-T preporuka M.3010, "Principles for a Telecommunications Management Network", 02/2000
- [5] M. Stanić i dr., „Neke osobine softvera SUNCE-M na nivou sloja upravljanja mrežom”, IX TELFOR, 20.-22. Novembar 2001, Beograd, strane 91-93
- [6] M. Stanić i dr., „Arhitektura softvera centra za upravljanje mrežom SDH i PDH uređaja - SUNCE-M”, XLVI ETRAN, 4.-7. Jun 2002, Banja Vrućica - Teslić, sveska II, strane 99-102
- [7] M. Stanić, „Generator koda za modelovanje alarma telekomunikacionih uređaja”, XLIV ETRAN, 26.-29. Jun 2000 Sokobanja, sveska II, strane 67-70
- [8] M. Stanić, „Softverski sistem za nadzor i upravljanje elementom transportne telekomunikacione mreže”, magistarski rad, ETF Beograd, 2002
- [9] M. Stanić i dr., „Prenosivost koda na korisničkom interfejsu sloja upravljanja elementom mreže”, XLVIII ETRAN, 5.-10 Jun 2005, Budva, sveska II, strane 175-178
- [10] „SUNCE-M Uputstvo za korisnika”, IRITEL, 2007
- [11] „ODS/OTS622 Tehnička dokumentacija”, IRITEL, 2007
- [12] „ODS155 Tehnička dokumentacija”, IRITEL, 2001
- [13] K. H. Rosen, "Handbook of Discrete and Combinatorial Mathematics", strane 1077-1085, CRC Press, 2000
- [14] ITU-T preporuka G.841, "Types and characteristics of SDH network protection architectures", 10/98
- [15] ITU-T preporuka G.8080/Y.1304, "Architecture for the automatically switched optical network (ASON)", 11/2001

ABSTRACT

Introduction of SDH trail as basic entity enables efficient management of the service provision functionality of SDH network. This paper describes SDH trail management in SUNCE-M software, used for management of IRITEL telecommunication devices.

Concept of One Solution for Trail Management in SDH Network

Petar Knežević, Miroslav Ilić, Mihailo Stanić, Dragan Pešić, Dragan Katanić, Ljubomir Murar, Ninko Radivojević, Zoran Čiča