

SRĐAN KATUŠIĆ
"Nikola Tesla", Zagreb

Planiranje prometa
Pregled
UDK: 654.07:681.3.06
Primljeno: 12.09.1991.
Prihvaćeno: 18.11.1991.

ISKUSTVA PRI RAZVOJU APLIKACIJSKOG SOFTWAREA U FUNKCIJI RAZNIH SEGMENTA PLANIRANJA I UPRAVLJANJA TELEKOMUNIKACIJSKOM MREŽOM

SAŽETAK

Ovaj rad prikazuje rezultate istraživanja u tri razna segmenta planiranja i upravljanja telekomunikacijskom mrežom: povezivanje centra za upravljanje mrežom s vanjskim računalom, proračun pouzdanosti centra za upravljanje, te razvoj algoritma za optimiranje mreže na pretplatničkom području. Uz to je dan i usporedan prikaz i usporedba iskustava vezanih uz način istraživanja u dva tri spomenuta područja.

UVOD

U radu se daje pregled rezultata jednogodišnjeg rada na području planiranja telekomunikacijske mreže i upravljanja njome, a obuhvaća više gotovo neovisnih segmenata te problematike. Osim različitosti problemskih područja znakovita je bila i različitost modusa suradnje s kolegama, što daje dobru priliku i za ocjenu raznih pristupa u zadavanju problema, podjeli posla i definiranju međusobne suradnje koji se kao jaki čimbenici reflektiraju na slobodu izražavanja kroz softversko rješenje, djelotvornost izvršenja zadatka, te na djelotvornost suradnje. Ova analiza nema ambiciju da se donose opće prosudbe, nego samo želi ukazati na uočene čimbenike koji bitno utječu na kvalitetu konačnog rješenja, vremena potrebnog za njegovo dobivanje, te kreativnog zadovoljstva istraživača. Mišljenja sam da u jednom ovako definiranom trodimenzionalnom prostoru treba tražiti optimalne koordinate za rad mladog istraživača u području koje je kao ovo karakterizirano nužnošću dobro organiziranoga kreativnog rada širokog opsega. Pod optimumom se razumijeva maksimum radnih

rezultata, uza što veći stupanj osobnog zadovoljstva samog istraživača. Iako ova dva čimbenika mogu doći u sukob, mislim da i u tim slučajevima postoje načini za nalaženje djelotvornoga kompromisa. To mišljenje dijelom počiva i na spoznajama koje su dane u ovom radu.

Bez obzira na uspješnost ovakve analize, rad u svakom slučaju sadrži konkretne informacije o rezultatima postignutim u tri navedena područja.

1. RAD NA POVEZIVANJU RAČUNALA MICROVAX II NA SUSTAV ZA NADZOR I ODRŽAVANJE TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE AOM 101

1.1. Postavka problema i idejnog rješenja

U razvoju koncepta dinamičkog upravljanja telekomunikacijskom mrežom sam sustav za nadzor i održavanje AOM 101 dostatno je opterećen realnovremenskim funkcijama prikupljanja mrežnih podataka da je za daljnje računarske obrade tako prikupljenih podataka potrebno dodatno računalo opće namjene koje će preko kvalitetno izvedenog sučelja s AOM-om dolaziti do tih podataka te ih stavljati na raspolaganje adekvatnim algoritmima za sintezu upravljačkih akcija. Preko istog sučelja potrebno je prenijeti te rezultate natrag u AOM koji ih treba pretvoriti u skup naredaba za čvorove u mreži s upravljačkim funkcijama (centralama) te ih im distribuirati. Na taj način zatvorena je petlja centraliziranog nadzora s distribuiranim upravljanjem čija povratna veza jamči realnovremensko

pronalaženje uvijek novih skupova upravljačkih akcija koji rezultiraju utjecajem na povećanje propusne moći mreže u cjelini. Kvaliteta takvog upravljanja ovisi i o kvaliteti upravljačkih algoritama i o fleksibilnosti same mreže u smislu realnovremenskog rekonfiguriranja njenih komutacijsko-transmisivskih resursa. S druge strane, vanjsko računalo može služiti i za dobivanje kvalitetnoga globalnog prikaza stanja u mreži u grafičkom obliku čija preglednost omogućuje i izravno ljudsko zaključivanje (a u budućnosti i ekspertni sustav s istim ili boljim značajkama) o optimalnim upravljačkim akcijama koje AOM distribuira upravljačkim centrima. Optimalni algoritam upravljanja vjerojatno se sastoji u kombiniranju ovih dvaju pristupa, odnosno egzaktoga matematičkoga pristupa uz korištenje heuristike.

Postavljanjem ovakvog idejnog rješenja dolazi se do tipične istraživačke situacije u ovom području, a to je potreba za postavljanjem zdravih i pouzdanih komunikacijskih temelja između elemenata idejnog rješenja (u ovom slučaju između AOM-a i eksternog računala MICROVAX II) kao *conditio sine qua non* bilo kakvoga daljnjega razvoja.

Razvoj sučelja zahtijeva definiranje komunikacijskog protokola koji će biti usuglašen "s interesima obaju zainteresiranih strana" odnosno s oblikom informacija kakve mogu primati, obradivati i davati AOM i MICROVAX, odnosno odgovarajući funkcionalni blokovi u njima. Kako je AOM već konfiguriran sustav s riješenim sučeljem prema mreži (podsustav CMS - Communication subsystem) na osnovi standardiziranoga mrežnog protokola X25 i definiranim sučeljem prema eksternim računalima (EPS - External Processing Subsystem) na osnovi RS232 protokola za lokalne računarske mreže, te također riješenom realnovremenskom međuprogramskom komunikacijom s pomoću sustava repova pod kontrolom podsustava za internu komunikaciju (INS - Internal Network Subsystem) pokazalo se ne samo to da je glavni zadatak razvoj potpuno kompatibilnog EPS-a na strani računala MICROVAX nego i da je konstruktivno i na njemu izgraditi ekvivalentan sustav repova koji postoji u AOM-u.

1.2. Princip izvedbe konkretnog rješenja

Pri razradi izvedbenog projekta iskorišteno je svojstvo slojevitosti komunikacijskih protokola (7 razina referentnog OSI- modela po CCITT preporukama) te iskustvo pri rješavanju sličnih problema pri spajanju osobnog računala PC na AOM. Posao je rasparceliran na fizičku i logičku razinu protokola pri čemu je autoru ovog rada dodijeljena

fizička razina. Fizička razina realizirana je oblikovanjem globalnih procedura (dostupnih svim "zainteresiranim" programima) koje pokrivaju komunikacijske probleme do razine razmjene poruka (buffera) bilo između programa unutar MICROVAX-a bilo između programa u MICROVAX-u i AOM-u (odnosno programa u memoriji centralnog procesora AOM-a - UAC 1610/P). Sustav repova odsimuliran je korištenjem "poštanskih sandučića" (mailbox utilities) te postavljanjem aktivacijskih "zamki" (asynchronous system traps) za programe koji traže svoje aktiviranje u trenutku kada dobiju odgovarajuću poruku. Fizičku razinu eksterne komunikacije pokrivaju procedure za slanje/primanje poruke prema/s AOM-a (odnosno podsustavu za komunikaciju s operaterom - OCS) po serijskoj liniji. Na fizičku razinu protokola naslanja se logička razina koja usuglašava signalizaciju između EPS-a u AOM-u i MICROVAX-u, te obavlja funkciju distributora poruka među mailboxovima ili prema AOM-u (1).

1.3. Razvojna iskustva

Za ovakav pristup izradbi projekta mogu se izdvojiti sljedeće značajke:

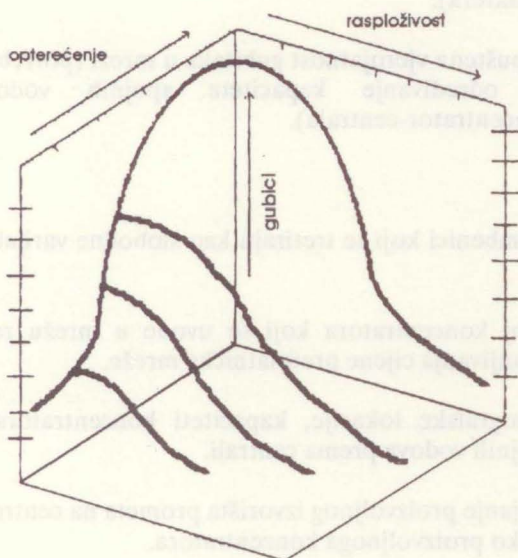
- modularnost pristupa razvoju softvera s dobro poznatim prednostima koje iz toga proizlaze,
- hijerarhijska struktura u kojoj viša razina daje precizno "narudžbu funkcije" nižoj razini,
- dosta visok stupanj neovisnosti u razvoju raznih razina,
- relativna sloboda u pristupu rješenju strogo definirane funkcije,
- nužnost potpunog i preciznog razumijevanja na razini funkcija bloka,
- mogućnost gubitka osjećaja za "cjelinu" kod obnašatelja niže razine i, s tim u svezi, mogući gubitak kreativnog zadovoljstva za projekt u cjelini.

Iz ovih se značajki zaključuje da je učinkovitost ovakvog načina izvedbe vrlo ovisna o kvaliteti komunikacije među obnašateljima dijelova projekta i njihove adaptivnosti na timski rad. Specijalno za ovaj projekt može se reći da su ti uvjeti bili zadovoljeni što je rezultiralo njegovim ostvarenjem.

2. RAD NA PROGRAMSKIM RJEŠENJIMA NAMIJENJENIM PRORAČUNU POUZDANOSTI I RASPOLOŽIVOSTI UREĐAJA I SUSTAVA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE

2.1. Postavka problema i idejnog rješenja

Osnovni zahtjev koji se postavlja na svaki uređaj i sustav jest visok stupanj pouzdanosti i raspoloživosti. To osobito dolazi do izražaja u sustava za nadzor i upravljanje zbog zdravorazumskoga kriterija da stupanj pouzdanosti i raspoloživosti sustava za upravljanje mora biti viši od pouzdanosti i raspoloživosti opreme kojom se upravlja da bi samo upravljanje imalo smisla. Ovisnost gubitaka u telekomunikacijskoj mreži o njoj raspoloživosti predočena je na slici 1.



Slika 1. Ovisnost gubitaka o prometnom opterećenju i raspoloživosti telekomunikacijskog postrojenja

Raspoloživost se promatra kao vjerojatnost ispravnosti sustava u nekom trenutku, dok je pouzdanost puno stroži kriterij i odnosi se na vjerojatnost ispravnog rada sustava u stanovitom vremenskom intervalu. Jedna od mogućih metoda u određivanju ovih dvaju parametara jest primjena Markovljevog modela gdje je svaki takav model jednoznačno definiran nizom vjerojatnosti prijelaza iz stanja u stanje koji se opisuju linearnim diferencijalnim jednadžbama. Rješavanje tih jednadžbi ne predstavlja poseban problem ako se radi o manjem broju stanja,

dok za veći broj stanja, što ujedno znači za realne sustave, problem postaje složeniji i raste s kvadratom broja stanja odnosno eksponencijalno s brojem jedinica u sustavu, te zahtijeva primjenu složenih matematičkih metoda i algoritama i primjenu računala.

U ovom slučaju tražio se proračun raspoloživosti i pouzdanosti za telekomunikacijski sustav za komutaciju paketa ERIPAX kojemu bi se pridijelile određene nadzorne i upravljačke funkcije u mreži. Formiranje Markovljevog modela za tako kompleksan sustav ne može se izvesti na zadovoljavajući način s malim brojem stanja te je evidentna nužnost programske implementacije odgovarajućega numeričkog algoritma. Za sustav ERIPAX stručnjak za postavljanje modela pouzdanosti postavio je model od 21 stanja (5).

2.2. Princip izvedbe konkretnog rješenja

Iz postavke problema uočava se da ga je moguće postaviti općenito, odnosno da je moguće razviti program kojemu će skup ulaznih podataka predstavljati određeni Markovljev model određenog sustava. Glavni problem je pronalaženje i implementiranje odgovarajućeg algoritma za rješavanje sustava diferencijalnih jednadžbi koji će dati rješenje za svaki realni model uza zadovoljavajuće vrijeme izvođenja, zadovoljavajuću preciznost i zadovoljavajuću mogućnost procjene eventualne greške uslijed neegzaktnosti numeričkog postupka. Značajka ovih zahtjeva je njihova međusobna sukobljenost, te je nužno dobro proučavanje matematičkih značajki samog problema i raspoloživih numeričkih metoda da bi se odabrala najpogodnija. Osim toga, u pravilu je potrebno daljnje prilagođenje same aplikacije numeričke metode, kako problemu, tako i značajkama računala na kojemu se izvodi.

Nakon takve analize utvrđeno je da sve zadane uvjete ispunjuje Davison-Padeova aproksimacija koja egzaktno rješenje sustava oblika e^{Ah} nadomješta polinomom:

$$e^{Ah} = (121 - 6Ah + A^2h^2)^{-1} \times (121 + 6Ah + A^2h^2)$$

gdje je I dijagonalna jedinična matrica, a h korak integracije koji treba biti barem za red veličine veći od najvećeg elementa (intenziteta) u matrici A . Rješenje sustava je matrica $(n \times n)$ čiji koeficijenti omogućuju izračunavanje vjerojatnosti da se sustav u bilo kojem trenutku nađe u bilo kojem stanju. Numerička vrijednost raspoloživosti dobiva se kao vjerojatnost da se sustav nalazi u stanju ili skupini stanja koja su u modelu definirana kao ispravna. Točnost rješenja uz spomenuti uvjet vremenskoga koraka integracije je

reda $O(h^5)$ što zadovoljava u svim praktičnim primjenama.

3.3. Razvojna iskustva

Modus suradnje u ovom je slučaju definiran samo postavkom zadatka, s punom slobodom odabira metode rješavanja, te bez problema oko strogih propozicija za "layout" programa. Kao njegove ostale značajke mogu se navesti i:

- samostalnost pri radu,
- nužnost "dubljeg" ulaska u suštinu problema, uz eventualnu podršku sa strane samo do razine sugestija,
- sposobnost postavljanja apstraktnog (logičkog ili matematičkog) modela za problem bez pretjeranoga gubljenja vremena na proučavanje njegove "fizikalne" dimenzije.

I u ovom konkretnom slučaju, iskorištene su pozitivne strane ovih svojstava, što je rezultiralo programom za proračun pouzdanosti i raspoloživosti sustava s i do nekoliko stotina stanja uza zadovoljavajuću preciznost i vrijeme obrade (3).

4. RAD NA PROGRAMSKIM RJEŠENJIMA ZA PLANIRANJE I OPTIMIRANJE TELEKOMUNIKACIJSKE MREŽE NA PRETPLATNIČKOM PODRUČJU

4.1. Postavka problema i idejnog rješenja

Problematika pronalaženja optimalnih lokacija u telekomunikacijama ima vrlo veliku primjenu zbog mogućnosti velikih ušteda pri građenju telekomunikacijske infrastrukture (1). Lokacijski problemi sa sobom nose veliku matematičku kompleksnost i uglavnom nemogućnost pronalaženja nekog teoretski egzaktnog optimuma. U takvoj situaciji od ključne je važnosti pronalaženje zadovoljavajućega kompromisa između stupnja bliskosti dobivenog podoptimalnog rješenja i egzaktnog optimuma, vremena potrebnog za razvijanje odgovarajućeg algoritma, te vremena njegova izvođenja. Rad predstavljen u ovom poglavlju daje originalan odgovor na sva tri problema.

Pri postavljanju optimizacijskog problema sljedeći čimbenici su odabrani kao unaprijed zadani i fiksni:

1. Geografska lokacija izvorišta prometa (X i Y koordinata) (pod izvorištem se razumijeva skup pretplatnika na istoj ili približno istoj lokaciji, ili eventualno "nakupina" ("cluster") pretplatnika koji je onda predstavljen koordinatama svog težišta.
2. Dioni čimbenik težine pojedinog izvorišta (interpretacija pojma težine bit će dana naknadno).
3. Promet po izvorištu kao zbir prometa po svakom članu izvorišta.
4. Lokacija centrale kojoj gravitiraju dana izvorišta (problem se znatno pojednostavnjuje ako ta lokacija nije unaprijed zadana, nego se može optimirati, zajedno s kapacitetom centrale). Pretpostavlja se da je kapacitet centrale dostatan za usluživanje prometnih zahtjeva svih izvorišta.
5. Metrika (11 ili 12 norma, ovisno o tomu je li područje optimiranja pretežno urbanog ili ruralnoga karaktera).
6. Dopusštena vjerojatnost gubitaka u mreži (potrebna za određivanje kapaciteta spojnih vodova koncentrator-centrala).

Čimbenici koji se tretiraju kao slobodne varijable jesu:

1. Broj koncentratora koji se uvode u mrežu radi smanjivanja cijene pretplatničke mreže.
2. Geografske lokacije, kapaciteti koncentratora i spojnih vodova prema centrali.
3. Spajanje proizvoljnog izvorišta prometa na centralu preko proizvoljnoga koncentratora.

Funkcija cilja koja se minimizira predstavlja funkciju cijene izgradnje mreže i sastoji se od triju osnovnih dijelova:

f_p - cijena pretplatničke mreže, odnosno cijena spajanja svih izvorišta na neki komutacijski centar,

f_s - cijena spojne mreže, odnosno cijena spajanja svih koncentratora na centralu,

f_k - cijena koncentratora, odnosno ukupna cijena instalacije svih koncentratora u mrežu.

Funkcija cijene pretplatničke mreže može se dobro opisati formulom:

$$f_p = \sum_{i=1}^n d_{ij} t_i$$

gdje je:

n - broj izvorišta prometa

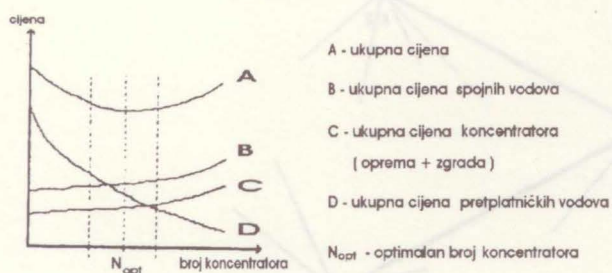
t - težinski čimbenik za i-to izvorište

d - distancija između i-tog izvorišta i jednog od j komutacijskih centara (j = 0 -> centrala, j > 0 -> j-ti koncentrador)

Težinski čimbenik t predstavlja cijenu jedinичne duljine pri spajanju izvorišta na komutacijski centar i izračunava se iz cijene kabela s potrebnim brojem parica za dano izvorište i cijene postavljanja kabela na zadanom području, sve normirano na jedinicu duljine. Distancija se, ovisno o izabranoj matrici, računa kao Euklidska ili ortogonalna udaljenost: analogno cijeni pretplatničke mreže, cijena spojne mreže računa se po formuli:

$$f_s = \sum_{j=1}^k d_{jct} j$$

s tim da je ovdje dioni težinski čimbenik cijene kabela varijabla ovisna o potrebnom broju vodova koji se dobiva primjenom Erlangove formule uz varijabilni promet (ovisan o izvorištima spojenim na dani koncentrador) i fiksnu vjerojatnost gubitaka. Cijena koncentratora dobiva se kao zbir cijena pojedinačnih koncentratora (varijabla ovisna o potrebnom kapacitetu koncentratora, s fiksnim dijelom izgradnje lokacije za koncentrador). Općeniti grafički prikaz funkcije cilja u ovisnosti o broju koncentratora pokazuje da postoji izraženi optimalni broj pri čemu se pretpostavlja da je za svaki broj koncentratora n izvršeno optimalno lociranje, kapacitiranje i spajanje izvorišta na najbliži koncentrador (ili centralu).



Slika 2. Prikaz cijene kao funkcije broja koncentratora

Treba uočiti dva evidentna načina smanjivanja funkcije cilja (ili barem njenog nepovećavanja):

- optimiranje lokacije koncentratora uza zadani skup pridruženih izvorišta u smislu smanjivanja ukupne cijene pretplatničke mreže za taj koncentrador i cijene odgovarajućega spojnog vođa prema centrali,
- optimiranje pridruživanja izvorišta komutacijskim centrima u smislu ispitivanja minimalne distancije kao kriterija koji smanjuje cijenu pretplatničke mreže.

Ideja algoritma sastoji se u sustavnom kombiniranju ovih dviju procedura optimizacije s kriterijem konvergencije da daljnja primjena bilo koje od ovih procedura ne mijenja dobivenu konfiguraciju mreže (lokacije i kapaciteti koncentratora i asignacije izvorište-komutacijski centar) čime se dobiva barem podoptimalno rješenje problema za dani broj koncentratora. Postavljanjem ove ideje, stvaraju se sljedeći problemi:

- egzaktno i djelotvorno rješavanje optimiranja lokacije koncentratora držeći fiksnim skup izvorišta (optimiranje lokacija),
- egzaktno i djelotvorno optimiranje pridruživanja izvorište-komutacijski centar (optimiranje asignacija),
- pronalaženje postupka početnog lociranja novih koncentratora (o tomu ovisi i korektnost i brzina algoritma) i odmah korekcija komutacijskih područja s već dobivenih n područja,
- ograničavanje utjecaja nelinearnosti i diskretnosti cijene koncentratora i vodova u ovisnosti o kapacitetu,
- eliminiranje redundantnosti pri optimiranju asignacija između koncentratora čija područja nisu susjedna.

3.2. Princip izvedbe konkretnog rješenja

Kompleksnost postavke optimizacijskog problema ukazuje i na kompleksnost rješenja, te će biti objašnjene samo osnove a detalji se mogu naći u (2). Osnovu predstavlja postupak triangulacije koji djelotvorno rješava svih pet spomenutih problema.

Princip dekompozicije na subpodručja dirigitiran je stalnim provjeravanjem prirasta pripadajuće

komponente funkcije cilja. Porast ukupne cijene za matično područje označuje nesvrhovitost dekompozicije. Prvo se izvodi dekompozicija na dva disjunktna subpodručja za koje se obavlja optimiranje lokacije-asignacije do dobivanja stacioninarnih asignacija. U slučaju pada ukupne cijene, vraća se u razmatranje i matični koncentrador te se obavlja optimiranje lokacije-asignacije za sva tri para subpodručja s istim izlaznim uvjetom stacioninarnih asignacija. Iz toga se vidi da dekompozicija može dati tri razna rezultata. Ako je cijena bez dekompozicije najniža, dano područje čini primitivno područje sa svojim koncentradorom koje ne treba više optimirati. U protivnom, po istom principu treba nastaviti dekompoziciju za dva ili tri nova matična područja, ovisno o tomu je li ukupna cijena manja za rastav na dva ili tri subpodručja. Pri optimiranju asignacija treba kontinuirano voditi računa i o mogućnosti izravnog spajanja izvorišta na centralu. Time se kontinuirano oblikuje i primitivno područje centrale.

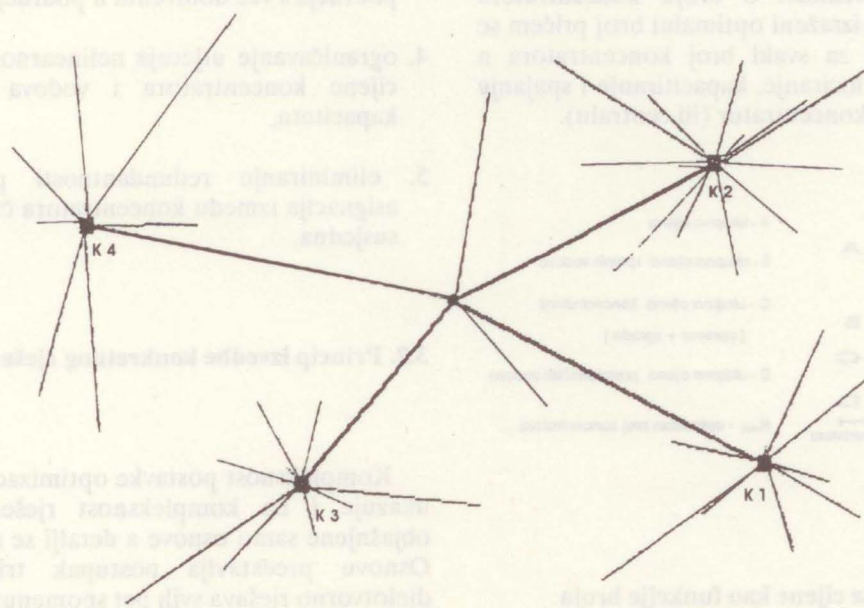
Eventualne podoptimalnosti algoritma prvenstveno su rezultat nužnih kompromisa s vremenom izvođenja programa koji implementira algoritam, a moguće su i zbog geografsko-morfološko-urbanih značajki područja koje se optimira, te odstupanja realno postojećih kapaciteta komutacijsko-transmisijske opreme od optimalnih. Učinci zadnjih dvaju čimbenika u dobroj mjeri su ograničeni samim algoritmom. Osnovna ušteda u vremenu izvodi se rekurzivnim izvođenjem procedure triangulacije koja u svakom pozivu promatra dano područje nezavisno od ostalih. Pokazalo se da se time čini znatnija greška samo u slučajevima optimizacije za područja s izrazito ravnomjernom raspodjelom izvorišta, gdje dolazi do

pojave izvorišta jako bliskih ekvidistancijama susjednih subpodručja što se razmatraju u različitim pozivima triangulacije, pa se među njima ne obavlja optimiranje asignacija. Ovaj učinak se kompenzira naknadnim optimiranjem asignacija, kada su već dobivena tzv. primitivna subpodručja. Na slici 3. prikazani su rezultati optimizacije za hipotetsku mrežu od 40 čvorova.

3.3. Razvojna iskustva

Iz izlaganja problema i elemenata konačnog rješenja uočava se da se ovdje radi o bitno drugačijem problemu nego što su prethodna dva, pa prema tomu i o bitno drugačijem pristupu izvedbi rješenja. Bez nekih pretenzija, rješavanje ovakvih problema može se nazvati znanstvenim radom, i to zbog više razloga:

- osim relativne samostalnosti pri izboru problema, prisutna je potpuna samostalnost pri izvedbi, bez mogućnosti korištenja gotovih metoda (osim eventualno u segmentima problema),
- nužnost upoznavanja sa stručnom literaturom iz danog područja kako radi eventualnih korisnih spoznaja (ali ne u smislu preuzimanja gotove metode!) tako i radi izbjegavanja učinka "otkrivanja tople vode",
- uz punu slobodu razvoja metode treba uvažavati zahtjeve i sugestije potencijalnoga korisnika (ovo dakako nije ultimativno svojstvo znanstvenog rada, nego osiguravanje njegove praktične uporabljivosti



Slika 3. Grafički prikaz rezultata optimizacije

bez naknadnih transformacija bilo od samog autora, bilo od nekoga drugog),

- potreba što većeg stupnja matematičkog fundiranja korištenih metoda, s naglaskom na dokazivanje egzaktnosti ili određivanja stupnja mogućeg odstupanja od egzaktnog optimuma,
- sposobnost racionalnoga logičkog rasuđivanja, u principu induktivnog tipa, što je po prirodi stvari kompleksan zadatak,
- mogućnost suradnje sa stručnjacima iz srodnih područja, ovisna o sposobnosti pronalaženja dodirnih točaka s rezultatima njihovog rada na sličnim problemima, u smislu korištenja njihovih iskustava, ali bez "pada pod utjecaj" što bi moglo utjecati na izvornost rada, što je donekle subjektivan problem, ali se može odraziti i na kvalitetu,
- i, zadnje, ali ni u kojem slučaju najmanje bitno, ovakav rad je karakteriziran potpunim kreativnim angažmanom obnašatelja što jamči optimalno iskorištavanje njegovih kapaciteta, što može, ali ne mora, biti dostatno za postizanje znanstvenog rada s praktičnom primjenom, s korišću i za radnu sredinu, a napose za obnašatelja (za sada, nažalost, samo stručnom i psihološkom).

4. ZAKLJUČAK

Ovaj rad obrazlaže tešku zadaću da se predstavi nešto što je za sada u našim radnim uvjetima nužnost: to je potreba za istraživanjem u raznim segmentima iznimno širokog područja, kao što je planiranje, nadgledanje i upravljanje telekomunikacijskom mrežom. Ne želeći dati prvenstvo ni jednom od prikazanih istraživanja, prikazao sam ih sva tri, koristeći pritom ukazanu priliku za njihovu međusobnu usporedbu. Osim usporedbe prirode samih objekata istraživanja, još inspirativnija bila je i mogućnost usporedbe raznih prilaza samom načinu istraživanja, gledanom u prvom redu kroz prizmu načina međusobne suradnje istraživača na istom području, te reperkusija tog čimbenika na kvalitetu rezultata istraživanja. Napravljen je i presjek sa stajališta istraživača, odnosno njegova kreativnog zadovoljstva tijekom i na kraju istraživanja. Stoga na prikaze radnih iskustava u svakom od tri područja ne treba gledati kao na "ljepilo" izvještaja, nego kao na njegov integralni dio.

S druge strane, nadam se da rad tim usporedbama nije ništa izgubio u svojoj temeljnoj namjeni, a to je pregled rezultata jednogodišnjih istraživanja.

SUMMARY

EXPERIENCES IN THE PROCESS OF APPLICATION SOFTWARE IN THE SERVICE OF DIFFERENT SEGMENTS OF TELECOMMUNICATIONS SYSTEM PLANNING AND MANAGEMENT

This paper discusses the results of research in three different telecommunications system planning and management segments: link-up of the system control center and the outlying computer, estimate of the control center reliability and development of the algorithm for optimization in the subscriber region. In addition the paper provides a parallel review and comparison of experiences related to the method of research in all three mentioned segments.

LITERATURA

1. **E. BIONDIĆ:** Postupak optimalnog lociranja telefonskih komutacijskih sustava. Magistarski rad, ETF, Zagreb, 1986.
2. **S. KATUŠIĆ:** Jedan algoritam za optimizaciju telekomunikacijske mreže na pretplatničkom području. Zbornik radova Savezne konferencije ETAN-a, Novi Sad, 1989.
3. **S. KATUŠIĆ, M. BIJELIĆ:** Programska rješenja namijenjena proračunu pouzdanosti i raspoloživosti uređaja i sistema. Savjetovanje Sigurnost u tehnici, Dubrovnik, 1990.
4. **D. SIKIRIĆ:** EPS- sučelje za povezivanje vanjskog računala MICROVAX II na sistem AOM 101. Izvještaj za SIZ za znanost, Zagreb, 1989.
5. **N. VUKOVIĆ-BOMBEEK, M. ZIMMER:** Pouzdanost i raspoloživost sustava ERIPAX. Savjetovanje Sigurnost u tehnici, Dubrovnik, 1990.
6. **T. ŠIKIĆ:** Primjena matematičke metode za određivanje optimalne lokacije. Promet 1, br. 3 (1989).