

## SADRŽAJ

<b>UVOD</b> .....	12
<b>1.METODOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANJA</b> .....	20
<b>1.1. Naučna zamisao istraživanja</b> .....	20
1.1.1. Definisanje problema istraživanja .....	20
<b>1.2. Problem istraživanja</b> .....	21
1.2.1. Rezultati dosadašnjih istraživanja.....	21
1.2.2. Značaj istraživanja.....	21
<b>1.3. Predmet istraživanja</b> .....	22
<b>1.4. Ciljevi naučnog istraživanja</b> .....	22
1.4.1. Opšti cilj .....	22
1.4.2. Poseban cilj.....	22
1.4.3. Naučni cilj .....	22
<b>1.5. Osnovne hipoteze od kojih se polazi i očekivani rezultati</b> .....	23
1.5.1. Opšta hipoteza u radu .....	23
1.5.2. Posebne hipoteze .....	23
<b>1.6. Način istraživanja</b> .....	24
1.6.1. Metode istraživanja .....	24
1.6.2. Izvor podataka .....	24
<b>1.7. Naučna i praktična opravdanost istraživanja</b> .....	24
1.7.1. 1. Naučna opravdanost istraživanja.....	25
1.7.2. Praktična (društvena) opravdanost istraživanja .....	25
<b>1.8. Struktura teme doktorske disertacije - okvirni sadržaj rada</b> .....	25
<b>2.POSTOJEĆE STANJE INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA</b>	
<b>PRIMENJENIH NA ŽS</b> .....	28
<b>2.1. Medijumi prenosa koji se koriste u TK mreži ŽS</b> .....	28
<b>2.2. Telekomunikacione mreže</b> .....	30
2.2.1. Telekomunikacione mreže opšte namene.....	30
2.2.2. Telekomunikacione mreže posebne namene .....	30
<b>2.3. Intranet ŽS</b> .....	32
2.3.1. Primjenjene aplikacije .....	32
2.3.2. Serveri u mreži Železnica Srbije .....	34
2.3.3. Mreža za prenos podataka .....	36
2.3.4. Nazivi domena u intranetu i internetu Železnice Srbije .....	36
<b>2.4. Ocena stanja IKT na železnici</b> .....	38
<b>2.5. Stanje IKT drugih železničkih uprava</b> .....	39
2.5.1. Austrijske železnice.....	39
2.5.2. Slovenačke železnice.....	41
<b>3. DEFINICIJE SAVREMENOG INFORMACIONO KOMUNIKACIONOG SISTEMA</b>	43
<b>3.1. Opšte definicije sistema</b> .....	43
<b>3.2. Definisanje servisa i aplikacija IKS</b> .....	43
3.2.1. Kablovska infrastruktura.....	44
3.2.2. Sistemi prenosa (SDH i DWDM) .....	44

3.2.3. Sistem železničke telefonije .....	45
3.2.4. Intranet mreža ŽS .....	47
3.2.5. Pružni telefonski sistem.....	48
3.2.6. Radio mreže.....	48
<b>4. SPECIFIKACIJA KORISNIKA I POTREBA ITS .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1. Specifikacija potreba svakog od pojedinačnih korisnika sistema.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2. Pojedinačne koncentracije korisnika - kapaciteti i lokacije.....</b>	<b>52</b>
<b>4.3. Zbirne koncentracije korisnika i tokovi informacija u IKS-u .....</b>	<b>53</b>
<b>4.4. Potrebe signalno-sigurnosnih sistema .....</b>	<b>54</b>
4.4.1. Centralno upravljanje saobraćajem – Centralized traffic control (CTC).....	54
4.4.2. Telekomanda saobraćaja .....	54
4.4.3. ETCS .....	55
<b>4.5. Potrebe sistema daljinskog upravljanja elektrovučnim postrojenjima 25 KV/50Hz. 55</b>	<b>55</b>
<b>4.6. Potrebe korisnika izvan železnice.....</b>	<b>56</b>
<b>5. SERVISNI MODEL, ARHITEKTURA I ORGANIZACIJA INFORMACIONO</b>	
<b>KOMUNIKACIONOG SISTEMA ŽELEZNICE .....</b>	<b>57</b>
<b>5.1. Globalni koncept IKS-a železnice.....</b>	<b>57</b>
<b>5.2. Servisni model IKS .....</b>	<b>59</b>
<b>5.3. Arhitektura informaciono komunikacionog sistema železnice .....</b>	<b>60</b>
5.3.1. Logička arhitektura funkcije i namena podsistema u IKS železnice .....	61
<b>5.4. Funkcionalne celine i nivoi servisa u okviru IKS-a železnice.....</b>	<b>62</b>
5.4.1. Funkcija modula u podsistemima IKS-a .....	63
<b>5.5. Obezbeđivanje E2E QoS u IKS-u.....</b>	<b>66</b>
<b>5.6. Organizacija i hijerarhija čvorova u IKS-u železnice.....</b>	<b>66</b>
5.6.1. Glavni čvor IKS-a (nivo I i Ig).....	66
5.6.2. Regionalni čvor (I nivo) .....	68
5.6.3. Čvor u krajnjoj stanici (II nivo).....	68
5.6.4. stajalištu (III nivo) .....	69
5.6.5. Čvor u ranžirnoj stanici (II nivo).....	70
5.6.6. Čvor na međustaničnom rastojanju (III nivo).....	71
<b>5.7. Organizaciona šema za celokupni IKS železnice.....</b>	<b>72</b>
<b>6. OSNOVNI ELEMENTI PROJEKTOVANJA SAVREMENIH KOMUNIKACIONIH</b>	
<b>MREŽA .....</b>	<b>74</b>
<b>6.1. Osnovni elementi projektovanja.....</b>	<b>74</b>
6.1.1. Model mreže.....	74
6.1.2. Pouzdanost .....	74
6.1.3. Saobraćajni zahtevi.....	75
<b>6.2. Činioci projektovanja računarskih mreža.....</b>	<b>75</b>
<b>6.3. Topologija čvorišta u mreži .....</b>	<b>75</b>
<b>6.4. Dimenzionisanje govorne mreže .....</b>	<b>76</b>
<b>6.5. Planiranje kapaciteta uređaja i linkova u računarskoj mreži .....</b>	<b>77</b>
6.5.1. Osnove pravilnog planiranja.....	77
<b>6.6. Modelovanje okruženja .....</b>	<b>79</b>
<b>7.KARAKTERISTIKE ALATA ZA MODELOVANJE I PROCES PLANIRANJA</b>	
<b>TRANSPORTNE MREŽE .....</b>	<b>80</b>
<b>7.1. Karakteristike VPI paketa.....</b>	<b>80</b>
<b>7.2. Koraci u modelovanju .....</b>	<b>82</b>

7.2.1. Izbor mrežne arhitekture .....	82
7.2.2. Izbor nivoa u projektu .....	83
7.2.3. Specificiranje čvorova i linkova u mreži.....	83
7.2.4. Specifikacija saobraćajnih zahteva .....	83
7.2.5. Optimizacija topologije .....	84
7.2.6. Rutiranje i zaštita.....	85
7.2.7. Grupisanje/multipleksiranje ( <i>Bundling</i> ) .....	86
<b>8. MODELOVANJE I OPTIMIZACIJA SAOBRAĆAJA U MREŽI ZA PRENOS NA ŽS</b>	<b>89</b>
<b>8.1. Definisane modela</b> .....	<b>89</b>
8.1.1. Pretpostavke koje su uzete u simulaciji.....	89
<b>8.2. Komentar dobijenih rezultata</b> .....	<b>93</b>
<b>8.3. Analize i izveštaji prikazanog modela</b> .....	<b>101</b>
<b>8.4. Transportni kapaciteti i optimizacija saobraćaja</b> .....	<b>107</b>
8.4.1. Komentar rezultata dobijenih simulacijom.....	107
8.4.2. Komentar rezultata za pruge na koridoru X (Šid-Beograd-Niš i Beogradski čvor).....	109
<b>9. PREDLOG REŠENJA SAVREMENE MREŽE ZA PRENOS NA ŽELEZNICI</b> .....	<b>112</b>
<b>9.1. Železnički tehnološki zahtevi u mreži za prenos</b> .....	<b>112</b>
<b>9.2. Dostupne tehnologije u mreži za prenos</b> .....	<b>113</b>
9.2.1. SDH mreža za prenos .....	113
9.2.2. DWDM mreža za prenos .....	116
<b>9.3. Moguća tehnička rešenja i ravni transportne mreže</b> .....	<b>118</b>
9.3.1. Funkcije i kapaciteti predloženog rešenja upotrebom SDH tehnologije .....	118
9.3.2. Uvođenje DWDM tehnologije u mrežu za prenos na železnici .....	121
<b>9.4. Rešenja mreže za prenos na prugama koridora X</b> .....	<b>125</b>
9.4.1. Sistem prenosa za prugu Šid – Beograd - Niš .....	125
9.4.2. Mreža za prenos na pruzi za velike brzine Beograd – Novi Sad – Subotica .....	128
<b>9.5. Sinhronizaciona mreža</b> .....	<b>130</b>
9.5.1. Sinhronizacioni mehanizmi u prenosnoj mreži .....	130
9.5.2. Predlog rešenja sinhronizacione mreže .....	132
9.5.3. Sinhronizacija u kompletnom IKS-u ŽS .....	134
<b>9.6. Principi zaštite u mreži za prenos</b> .....	<b>135</b>
<b>9.7. Nadzor i upravljanje u mreži za prenos</b> .....	<b>136</b>
<b>9.8. Tipska rešenja u mreži za prenos</b> .....	<b>136</b>
9.8.1. Tipsko rešenje čvorova po ravnima.....	136
9.8.2. Tipsko rešenje u odnosu na nivo čvora .....	137
9.8.3. Tipsko rešenje GSM-R pravca u mreži za prenos .....	139
9.8.4. Tipsko rešenje čvorova po fazama .....	139
9.8.5. Tipsko rešenje za pogranične stanice .....	140
<b>9.9. Fizička realizacija mreže</b> .....	<b>141</b>
<b>9.10. Topologija mreže</b> .....	<b>142</b>
<b>9.11. Integracija sa postojećom analognom mrežom za prenos</b> .....	<b>144</b>
<b>10. SAVREMENA TEHNIČKA REŠENJA PODSISTEMA U OKVIRU INFORMACIONO KOMUNIKACIONOG SISTEMA ŽELEZNICE</b> .....	<b>145</b>
<b>10.1. Kablovske mreže (infrstruktura)</b> .....	<b>145</b>
10.1.1. Pružni bakarni kablovi.....	145
10.1.2. Lokalne kablovske mreže.....	146
10.1.3. . Optički kablovi.....	146

<b>10.2. IP/MPLS mreža</b> .....	148
10.2.1. Zahtevi IP/MPLS mreže .....	148
10.2.2. Namena IP MPLS .....	148
10.2.3. Tehničko rešenje .....	149
10.2.4. Sigurnosna izolacija servisa .....	153
10.2.5. VPN dizajn .....	153
10.2.6. LDP (Label Distribution Protocol) dizajn .....	154
10.2.7. QoS dizajn u MPLS .....	155
<b>10.3. Intranet mreža</b> .....	155
10.3.1. Koncept nove intranet mreže .....	156
10.3.2. Funkcije i kapaciteti predloženog rešenja .....	156
10.3.3. Dizajn WAN mreže .....	157
10.3.4. Adresiranje u intranetu ŽS .....	159
<b>10.4. Mreža železničke telefonije (VoIP)</b> .....	162
10.4.1. Namena sistema .....	162
10.4.2. Tehničko rešenje .....	162
10.4.3. Povezivanje sa postojećom komutacionom mrežom .....	167
10.4.4. Numeracija u komutacionoj mreži .....	169
<b>10.5. Telekomunikacioni sistemi u železničkim stanicama (STS)</b> .....	170
10.5.1. Namena sistema .....	170
10.5.2. Komentar tehničkih rešenja .....	171
<b>10.6. Sistemi pružne telefonije</b> .....	172
10.6.1. Namena sistema .....	172
10.6.2. Komentar tehničkih rešenja .....	173
10.6.3. Predlog rešenja pružnih telefonskih sistema na elektificiranim prigama ŽS .....	174
10.6.4. .4. Primena <i>Add/Drop</i> multipleksera u pružnim sistemima i ostalim sistemima posebne namene na železnici .....	185
<b>10.7. Radio sistemi</b> .....	186
10.7.1. Tehnološke UKT mreže ŽS .....	186
10.7.2. Radio-dispečerski sistem veza .....	190
10.7.3. GSM-R sistem .....	192
<b>11. PREDLOG REŠENJA SISTEMA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE IKS-m</b> .....	202
<b>11.1. Opšti zahtevi NGNM sistema za upravljanje</b> .....	204
<b>11.2. Specifičnosti upravljanja za pojedine podsisteme IKS-a</b> .....	206
11.2.1. . Nadzor i upravljanje u komutacionom sistemu .....	206
11.2.2. Nadzor i upravljanje u intranetu .....	207
11.2.3. Nadzor i upravljanje u sistemu pružnih veza .....	207
11.2.4. Nadzor i upravljanje napojnim uređajima .....	207
<b>11.3. Jedan primer sistema za upravljanje mrežom</b> .....	208
11.3.1. Upravljanje logovima .....	209
11.3.2. Upravljanje topologijom .....	209
11.3.3. Upravljanje uređajima .....	209
11.3.4. Upravljanje inventarom .....	210
11.3.5. Upravljanje prekidima .....	210
11.3.6. Upravljanje alarmima .....	211
11.3.7. Upravljanje performansama sistema .....	213
<b>11.4. Jedinствeno upravljanje mrežom</b> .....	214

<b>12. MIGRACIJA NA DIGITALNU MREŽU U OKVIRU IKS ŽS</b> .....	216
<b>12.1. Kablovska infrastruktura</b> .....	216
12.1.1. Bakarni pružni kablovi .....	216
12.1.2. Lokalne kablovske mreže .....	216
12.1.3. Optički kablovi .....	216
<b>12.2. Sistem prenosa</b> .....	218
<b>12.3. IP MPLS i intranet mreža</b> .....	218
12.3.1. Integracija u NGN .....	218
12.3.2. Povezivanje sa postojećom intranet mrežom ŽS .....	220
<b>12.4. temi železničke telefonije</b> .....	222
<b>12.5. čni telekomunikacioni sistemi</b> .....	223
12.5.1. Sistem audio obaveštavanja .....	223
12.5.2. emi za vizuelno obaveštavanje putnika (VIS) .....	223
12.5.3. 3. Sistem video nadzora .....	224
12.5.4. 4. Satni sistemi .....	224
12.5.5. egistrovanje važnih tehnoloških komunikacija .....	224
<b>12.6. Sistemi pružnih veza</b> .....	224
12.6.1. Faze realizacije po prugama i stanicama .....	224
12.6.2. ena ADD/DROP multipleksa u pružnim sistemima .....	226
<b>12.7. emi</b> .....	226
12.7.1. ehnološke UKT mreže .....	226
12.7.2. adio dispečerski sistemi .....	227
12.7.3. 3. Globalni sistem mobilnih komunikacija .....	227
<b>ZAKLJUČAK</b> .....	228
<b>LITERATURA</b> .....	243
<b>SPISAK SLIKA</b> .....	251
<b>SPISAK TABELA</b> .....	254