

## KOMUNIKACIONI PODSISTEM U SISTEMU ZA NADZOR SAOBRAĆAJA

### COMMUNICATION SUBSYSTEM IN A SYSTEM FOR TRAFFIC SURVEILLANCE

Borivoj Ivetić, Vladan Minić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*  
Marko Maćešić, Rade Raca, *Tehnomobil-Protech d.o.o, Novi Sad*

**Sadržaj** - Sa naglim razvojem saobraćajne infrastrukture i porastom broja vozila pojavila se potreba za pojačanim nadzorom saobraćaja. Obzirom na raširenost mreža puteva uređaji za nadzor saobraćaja često su značajno udaljeni od telekomunikacionih puteva i čvorišta što otežava njihovu komunikaciju sa nadzornim centrima. Tema ovog rada je rešavanje ovog problema primenom GPRS (General Packet Radio Service) tehnologije koja je dostupna u gotovo svim savremenim GSM mrežama. Realizovani sistem se sastoji od modula za slanje podataka na strani udaljenog uređaja za nadzor saobraćaja i modula za prihvatanje podataka u nadzornom centru. Podaci se šalju u vidu paketa posredstvom GPRS tehnologije korišćenjem postojeće GSM mreže što omogućava slanje različitih vrsta podataka (tekst, slika, video).

**Ključne reči** - saobraćaj, nadzor saobraćaja, komunikacija, GPRS, Internet, TCP/IP, prenos slike.

**Abstract** - With rapid development of traffic infrastructure and growing number of vehicles an interest for strengthening of traffic surveillance was shown. Because of broad widespread of road network, devices for traffic surveillance often are significantly remote from telecommunication lines and nodes which makes communication with surveillance centers more difficult. Subject of this paper is solving of this problem using GPRS (General Packet Radio Service) technology which is available in almost all modern GSM networks. Realized system is consisted of: module for sending data on side of remote device and a module for receiving data in surveillance center. Data is sent in a form of GPRS packets via existing GSM network which makes possible sending various types of data (text, images, video).

**Keywords** - traffic, traffic surveillance, communication, GPRS, Internet, TCP/IP, image transfer.

#### 1. UVOD

Sistem koji je predmet ovog rada\* zasnovan je na primeni GPRS (General Packet Radio Service) tehnologije za slanje podataka posredstvom postojeće GSM mreže.

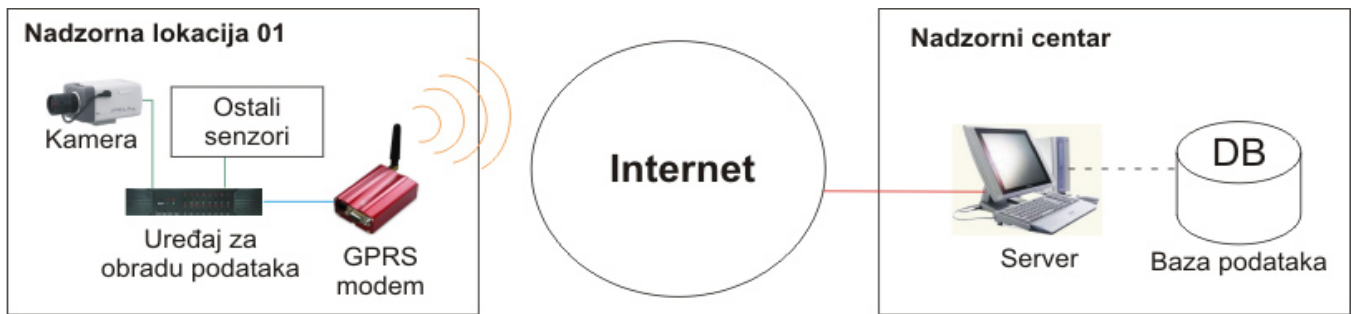
GPRS tehnologija nastala je kao pokušaj zadovoljavanja korisničke potrebe za većim brzinama protoka podataka u mobilnim komunikacijama. Prvobitno je standardizovana od strane ETSI (European Telecommunication Standard Institute), ali trenutno je deo 3GPP (3rd Generation Partnership Project).

Brzine prenosa podataka u mobilnim telekomunikacijama, u početku razvoja ovih tehnologija, bile su skromne - u jeku korišćenja dial-up tehnologije za slanje podataka preko fiksne telefonske mreže, gde je ostvarivana brzina od oko 56 kbps, kod mobilne telefonije brzine prenosa su dostizale 9.6 kbps. Pojavom GPRS tehnologije omogućen je prenos raznih tipova informacija višestruko većim brzinama. GPRS je na GSM mreži implementiran na platformama 2. i 3. generacije, i omogućava protoke i do 114 kbps, sa prosečnim brzinama od 56 kbps i očekivanim početnim brzinama između 28 i 40 kbps. Uobičajeno je da se sistemi druge generacije „pojačani“ GPRS-om nazivaju sistemima 2.5 generacije [1].

GPRS omogućava gotovo trenutno povezivanje na Internet i kontinuiranu konekciju, a provajder kao uslugu tarifira isključivo novoprenesene podatke, nasuprot zastarelom „dial-up“ sistemu kod koga se tarifira po jedinici vremena, bez obzira što linija može biti neaktivna. Ovo je posledica paketskog načina prenosa podataka što znači da se resursi mreže koriste samo kada se podaci prenose - nije neophodno održavanje virtuelnog kola, čime se ostvaruje značajna ušteda. Podržani su sledeći protokoli: IP (UDP i TCP koji je od ključnog interesa za ovaj rad), PPP, X.25. Obezbeđeni servisi su: „always on“ Internet, „Multimedia Messaging Service“ (MMS), „Push to Talk“ (PoC/PTT), „Instant Messaging and Presence“, „Wireless Application Protocol“ (WAP), „Point to Point“ servis (P2P).

Okosnicu hardvera za realizovanje podsistema za komunikaciju u okviru sistema za nadzor saobraćaja čini GPRS modem. Potrebno je preneti informacije prikupljene na udaljenim lokacijama kao što su putevi, raskrsnice, saobraćajne petlje, do centra za prijem i obradu podataka. Neretko su lokacije sa kojih se podaci prikupljaju udaljene od telekomunikacionih puteva (optička vlakna, bakarne parice i slično), što predstavlja problem. Ponuđeno rešenje koristi mogućnost da se podaci prenose putem postojeće i široko rasprostranjene GSM mreže upotrebom GPRS tehnologije i Internet protokola. Kako je video nadzor saobraćaja u ekspanziji, sistem je prevashodno realizovan za prenos slike.

\* Sistem je razvijen u okviru Eureka projekta E!4924.



Sl. 1. Izgled sistema za nadzor saobraćaja.

## 2. OPIS SISTEMA ZA NADZOR SAOBRAĆAJA

Na Sl. 1. prikazan je izgled jednog sistema za nadzor saobraćaja sa komunikacionim podsistemom putem kojeg se ostvaruje veza sa nadzornim centrom. Na udaljenoj nadzornoj lokaciji nalazi se fiksni ili mobilni uređaj za nadzor saobraćaja. Najvažnije komponente tog uređaja su različite vrste senzora za prikupljanje informacija o saobraćaju na nadziranoj lokaciji. To mogu biti: radarski detektori brzine, brojači saobraćaja na bazi induktivne petlje, različiti senzori za merenje temperature, vlažnosti, pritiska, smera i intenziteta vetra, buke, zagađenja i u novije vreme kamere za prikupljanje slike. Svi senzori su povezani na uređaj za prikupljanje i obradu podataka što može biti industrijski PC računar ili mikrokontrolerska jedinica, zavisno od nivoa obrade podataka koja se zahteva. Važna funkcija uređaja za prikupljanje i obradu podataka jeste priprema podataka za slanje i komunikacija sa GPRS modemom koji se povezuje na Internet mrežu i šalje podatke u nadzorni centar. U nadzornom centru se nalazi server zadužen za prijem podataka koji ima stalnu vezu sa Internetom i fiksnu (statičku) IP adresu kako bi svaki udaljeni uređaj za nadzor saobraćaja znao tačno odredište za slanje prikupljenih podataka. Na serveru ili u lokalnoj mreži nalazi se baza podataka u koju se smeštaju pristigli podaci organizovani na zahtevani način. Broj ovakvih nadzornih lokacija i nadzornih centara može biti proizvoljan, zavisno od zahteva korisnika.

## 3. REALIZACIJA MODULA ZA SLANJE PODATAKA

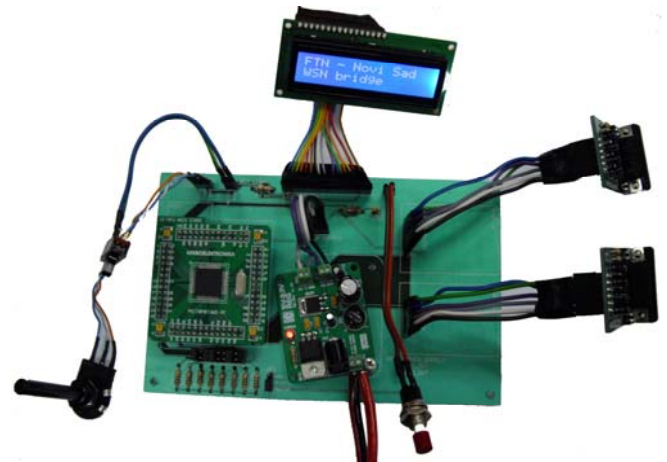
Modul za slanje podataka je sastavni deo uređaja za nadzor saobraćaja na nadzornoj lokaciji i sastoji se od: 1. računarske ili mikrokontrolerske jedinice (na Sl. 1. Uređaj za obradu podataka), 2. GPRS modema.

Podaci koji se prikupljaju sa senzora i slike sa kamera se šalju na uređaj za obradu podataka (računar ili mikrokontroler) koji je sa druge strane povezan sa GPRS modemom putem RS-232 ili USB veze.

GPRS modem koji je korišćen u sistemu je eksternog tipa, napajanja od 7-30 V, robusnih fizičkih karakteristika. Radi se o „quad band“ uređaju, što znači da može koristiti najpopularnije GSM opsege od 850/900/1800/1900 MHz. Podržava GPRS standard klase 10, ima integrisani čitač SIM kartica što maksimalno pojednostavljuje puštanje uređaja u rad i poseduje integrisan TCP/IP protokol stek.

Ako se za posrednika između senzora i GPRS modema odabere mikrokontroler, sistem je hardverski jednostavniji.

Samim time sistem ima veoma malu potrošnju električne energije, čime se otvara mogućnost korišćenja baterija i solarnih panela za napajanje, što omogućava nezavisnost od elektrodistribucione mreže. Uloga mikrokontrolera je obezbeđivanje prenosa podataka sa senzora za prikupljanje informacija o saobraćaju na modem. Da bi se to ostvarilo mikrokontroler inicijalizuje modem, nadzire ispravnost veze, pakuje poruke, šalje ih i razmenjuje neophodne AT komande sa modemom.



Sl. 2. Okruženje sa mikrokontrolerom.

U drugom slučaju ulogu mikrokontrolera preuzima računar. To za posledicu ima veći gabarit i veći utrošak energije. Sa druge strane prednost ovakvog rešenja je mogućnost da se informacije prikupljene sa senzora podvrgnu različitim oblicima složenije obrade, već na klijentskoj strani to jest već na nadzornoj lokaciji. Podaci se mogu statistički obraditi, filtrirati, ili podvrgnuti inteligentnim algoritmima za obradu. Posebno je važna mogućnost inteligentne analize slike koja pristiže sa CCTV kamere na nadzornoj lokaciji. Danas postoji velik broj algoritama koji mogu na bazi niza slika izvoditi logičke zaključke o pojedinim događajima od interesa. Na primer moguće je detektovati saobraćajne gužve, utvrđivati redove čekanja na semaforima i raskrscima, beležiti saobraćajne prekršaje, detektovati incidente i drugo. Sa jednom takvom inteligentnom platformom u nadzorni centar bi se slale najvažnije informacije, a operateri bi se upozoravali na potencijalno opasne ili problematične situacije. Da bi se ista vrsta obrade izvršila u nadzornom centru bilo bi potrebno prenositi velike količine podataka jer je algoritmima za inteligentnu analizu neophodan što veći broj slika (obično više od 10 frejmova u sekundi) iz video stream-a sa CCTV kamere.

U oba slučaja obezbeđen je neophodan klijentski softver koji se izvršava na računaru ili mikrokontroleru. Njegove funkcije se dele na osnovne i dopunske. Postoje tri osnovne funkcije ovog softvera: 1. prijem podataka sa senzora koji su namenjeni za slanje u nadzorni centar, 2. inicijalizacija GPRS modema i identifikacija komunikacije u cilju pripreme za prijem podataka od strane servera u nadzornom centru i 3. priprema tj. pakovanje podataka i njihovo slanje putem GPRS Internet servisa.

Klijent (uređaj sa nadzorne lokacije) komunikaciju sa serverom (uređajem u nadzornom centru) otpočinje slanjem jedinstvenog identifikacionog stringa, čija je uloga prepoznavanje i prihvatanje dalje komunikacije od strane servera. Potom može uslediti slanje tekstualnih podataka (na primer podaci sa brojača vozila na bazi induktivne petlje), ili slanje unapred utvrđene poruke koja obaveštava server da sledi slanje slike. Format poruka je u oba slučaja takav da server „zna“ sa koje nadzorne lokacije mu podaci pristižu, kao i o kojoj se vrsti podataka radi. Protokol korišten za prenos je TCP/IP, zahvaljujući čemu je obezbeđena efikasna komunikacija. Klijentski program sa modemom komunicira razmenom AT komandi [3], [4]. U Tabeli 1. navedene su sve korišćene AT komande i to redom kako su prosleđivane prema GPRS modemu.

TABELA 1: KORIŠĆENE AT KOMANDE

Naziv AT komande	Opis
AT	Provera veze i inicijalizacija komunikacije.
AT&F	Postavlja sve parametre modema na fabričke vrednosti. Prekida sve odlazne i dolazne pozive.
AT^SICS	Podešavanje parametara Internet konekcije. Redom: <i>at^sics=0,conType,GPRS0</i> <i>at^sics=0,inactTo,65535</i> <i>at^sics=0,user,&lt;user&gt;</i> <i>at^sics=0,passwd,&lt;pass&gt;</i>
AT^SISS	Podešavanje profila za Internet servis. Redom: <i>at^sis=0,svrType,socket</i> <i>at^sis=0,address,</i> <i>socktcp://&lt;ip</i> <i>address&gt;:&lt;port&gt;</i>
AT^SISO	Pokretanje Internet servisa prema podešavanjima profila prethodno datim sa AT^SISS („Internet Service Open“).
AT^SISW	Priprema za slanje podataka putem Internet TCP servisa („Write – Upload Data“). Npr. nakon poruke: <i>at^sisw=0,10,1</i> modemu se direktno šalje poruka dužine 10 bajtova.
AT^SISC	Zatvaranje Internet servisa tj. TCP/IP konekcije koja je otvorena sa AT^SISO.

Klijentski softver je realizovan u programskom jeziku C uz oslonac na primerima iz [5]. C je izabran zbog veoma dobre podrške za komunikaciju preko serijskog porta jer je GPRS modem povezan na računar ili mikrokontroler putem RS-232 (serijske) veze ili USB veze koja emulira RS-232 vezu i jer postoji veliki izbor razvojnih okruženja za mikrokontrolere koja koriste programski jezik C. Podaci se mogu slati bajt po bajt ili u paketima određene veličine. Maksimalna preporučena veličina paketa je 1472 bajta [3].

#### 4. REALIZACIJA MODULA ZA PRIJEM PODATAKA

Modul za prijem podataka bazira se na softverskoj aplikaciji koja je instalirana na serveru u centru za nadzor saobraćaja. Server ima stalnu vezu sa Internetom posredstvom ADSL-a, WiFi ili kablovske mreže i slično. Zbog neometanog pronalazanja servera u Internet mreži od strane udaljenih klijenata sa nadzornih lokacija, neophodno je da se server nalazi uvek na istoj, poznatoj adresi, što se obezbeđuje zakupom statičke IP adrese.

Modul za prijem podataka koji se izvršava na serveru u nadzornom centru 24 časa, 7 dana u nedelji, osluškuje unapred određeni port (socket) očekujući podatke sa nadzornih lokacija. Obezbeđena je takođe periodična provera komunikacije time što se nadzorne lokacije prema utvrđenom rasporedu javljaju serveru čime se potvrđuje da su operativne i u dometu GSM mreže. Server vodi evidenciju o aktivnim nadzornim lokacijama i obaveštava operatera ukoliko se neka od lokacija ne javi u predviđeno vreme za proveru komunikacije.

Kada se određena udaljena nadzorna lokacija identifikuje slanjem poruke za identifikaciju, server obavlja neophodne pripremne radnje za prijem podataka. Na serveru ili u lokalnoj mreži se nalazi i PostgreSQL baza podataka u koju modul za prijem podataka pohranjuje pristigle podatke u za to predviđene strukture (baze i tabele). Skladištenju podataka mogu prethoditi različite vrste obrade podataka, u zavisnosti od potreba korisnika. Podaci se mogu klasifikovati i sortirati po različitim kriterijumima, statistički obraditi i analizirati. Posebno je interesantna mogućnost analize pristiglih slika i poređenja sa ostalim dostupnim podacima (na taj način moguće je pouzdano detektovati saobraćajne gužve, incidente i slično). Kompletan serverski softver tj. modul za prijem/prihvatanje podataka realizovan je u C++ programskom jeziku u verziji za Windows i Linux operativne sisteme s obzirom da su obe vrste operativnih sistema značajno zastupljene na tržištu servera.

#### 5. SLANJE SLIKE U REALIZOVANOM SISTEMU

S obzirom na to da je u novije vreme video nadzor u velikoj ekspanziji, i da se stalno povećava potreba za prikupljanjem slika i video fajlova sa nadzornih lokacija u saobraćaju, najveća pažnja u izradi ovog sistema posvećena je prenosu slika putem GPRS Internet servisa. Vizuelni podaci nose veliku količinu informacija, stoga imaju veoma veliki značaj za analizu saobraćajnih situacija i postaju obavezni deo svakog sistema za nadzor saobraćaja. Slike se dobijaju sa CCTV ili IP kamere koja je deo sistema za nadzor saobraćaja na nadzornoj lokaciji.

U sistemu koji je opisan u ovom radu vršeno je slanje slika u boji sa tri 8-bitna kanala (RGB), u rezolucijama 320x240 i 640x480 piksela (Sl. 3.).



Sl. 3. Primeri slika u rezoluciji 320x240 piksela.

Nakon početne identifikacije klijent šalje serveru poruku kojom ga obaveštava da će uslediti slanje slike. Format poruke je prikazan na Sl. 4. Ovo je neophodno iz razloga što se slike sastoje od velikog broja bajtova pa ne mogu biti poslate u jednoj poruci-paketu. Npr. slike u rezoluciji 320x240 sa Sl. 3. sastoje se od:  $320 \times 240 \times 3 = 230\,400$  bajta. Zbog toga se slanje slika vrši slanjem većeg broja paketa sukcesivno, gde svaki paket sadrži jedan deo slike tj. određen broj bajtova.

polje 1.	polje 2.	polje 3.
indikator slanja slike	identifikator lokacije	veličina slike u bajtovima

Sl. 4. Format poruke koja prethodi slanju slike.

Kada primi poruku predstavljenu na Sl. 4. server rezerviše memoriju (na osnovu polja 3. pomenute poruke) i podese neophodne promenljive za prijem slike sa lokacije za nadzor. Prenos se vrši u paketima unapred dogovorene veličine (za testiranje korišćene su veličine paketa do 32 bajta). Kako server poseduje informaciju o veličini slike koju će primiti (u bajtovima), odmah po završetku prijema slike utvrđuje da li je došlo do gubitka paketa pri prenosu tj. da li je primljena cela slika [5].

## 6. ZAKLJUČAK

Realizovani sistem pokazao je očekivanu pouzdanost i efikasnost. Tokom testiranja nije dolazilo do gubitaka paketa. Sistem je fleksibilan i otvoren za brojna softverska proširenja, pogotovo u slučaju kada se sa klijentske strane koristi računar. Nedostatak sistema, i ujedno smernica za dalji razvoj je nemogućnost istovremenog prijema podataka sa više lokacija, kao i jednosmerna komunikacija - isključivo u smeru od klijenta ka serveru tj. od nadzorne lokacije ka nadzornom centru. Ostvarivanjem dvosmerne komunikacije, bilo bi omogućeno softveru u nadzornom centru da šalje poruke uređajima na nadzornim lokacijama. Osnovni razlog za uspostavljanje dvosmerne komunikacije proizlazi iz nezanemarljive verovatnoće gubitaka paketa prilikom slanja podataka TCP protokolom, posebno u situacijama slabog signala GSM mreže. Server bi mogao obaveštavati nadzorne lokacije o uspešnoj transmisiji, zahtevati ponovno slanje podataka, zabraniti dalju komunikaciju, praviti raspored slanja podataka sa više nadzornih lokacija (red čekanja) i drugo. Istovremeno time bi bilo omogućeno i proširenje sa sistema za nadzor na sistem za nadzor i upravljanje saobraćajem. Iz nadzornog centra bilo bi moguće upravljanje promenljivim saobraćajnim znacima i drugom saobraćajnom signalizacijom (semafori i slično) koja postoji na udaljenoj nadzornoj lokaciji. Na taj način osim analize saobraćajnih situacija vršile bi se i intervencije radi ubrzanja i kontrole saobraćaja, na primer: ograničavanje brzine kretanja vozila, prikazivanje različitih upozorenja i informacija vozačima i drugo. Jedan takav sistem značajno bi poboljšao uslove i bezbednost na putevima.

## LITERATURA

- [1] Ucha Communication Technology, "White Paper on GPRS", Jun 2000.
- [2] B. M. Antić, V. R. Minić, Č. D. Stefanović, "Zaokružen sistem primene bežičnih senzorskih mreža u preciznoj poljoprivredi za krajnje korisnike", *Etran 2009*.
- [3] SIEMENS corp, "TC65 AT Command Set", Jun 2006.
- [4] Wavcom corp, "AT commands for GPRS users guide", Jul 2002.
- [5] M. J. Donahoo, K. L. Calvert, "TCP/IP Sockets in C: Practical Guide for Programmers", Novembar 2001.