

JEDNO REŠENJE BEŽIČNE MIKROTELEFONSKE KOMBINACIJE NA BAZI BLUETOOTH

Miloš Basara, Nikola Teslić, Tatjana Samardžić, Saša Vukosavljev
Fakultet tehničkih nauka, Katedra za računarsku tehniku i računarske komunikacije, Novi Sad

Sadržaj – Bežična mikrotelefonska kombinacija na bazi Bluetooth-a je jednostavna realizacija Bluetooth Headset profila. To je uređaj sa širokim opsegom primene i mogućnošću povezivanja sa mobilnim telefonom ili personalnim računarom. Minimalna konfiguracija je dobijena sprezanjem mikrokontrolera MICRONAS CDC3205 sa ERICSSON Bluetooth modulom ROK 101008 i TEXAS INSTRUMENTS linearnim PCM kodekom TLV320AIC1107. Bežična mikrotelefonska kombinacija je uređaj sa ograničenom spregom ka korisniku i osnovna namena joj je prenos signala govora preko postojećeg audio kanala. Primena joj se ogleda u vidu komunikacionog segmenta integrisanog u putničko vozilo. Bežična mikrotelefonska kombinacija direktno utiče na povećanje bezbednosti u saobraćaju.

1. UVOD

Bluetooth je naziv za radio vezu kratkog dometa, čije su osnovne osobine robusnost, jednostavna upotreba i mala potrošnja. Ova vrsta veze teži da zameni žične veze između prenosivih i stacionarnih elektronskih uređaja.

Bluetooth funkcioniše u rezervisanom frekventijskom opsegu na frekvenciji 2.4GHz. Omogućava povezivanje dva ili više uređaja, pri čemu je jedan od njih vodeći, a ostali su prateći uređaji. Struktura, u kojoj dva ili više uređaja dele isti kanal, naziva se pikomreža.

U Bluetooth sistemu, podaci se prenose u vremenskim odseccima dužine 625ms brzinom 1Mbit/s. Informacije se razmenjuju preko odgovarajućih paketa, svaki paket se prenosi na različitoj frekvenciji. Bluetooth podržava dve vrste veza: sinhronu vezu (*Synchronous Connection-Oriented link* - SCO), koja se koristi za prenos govora, i asinhronu vezu (*Asynchronous Connection-Less link* - ACL) po kojoj se prenose podaci.

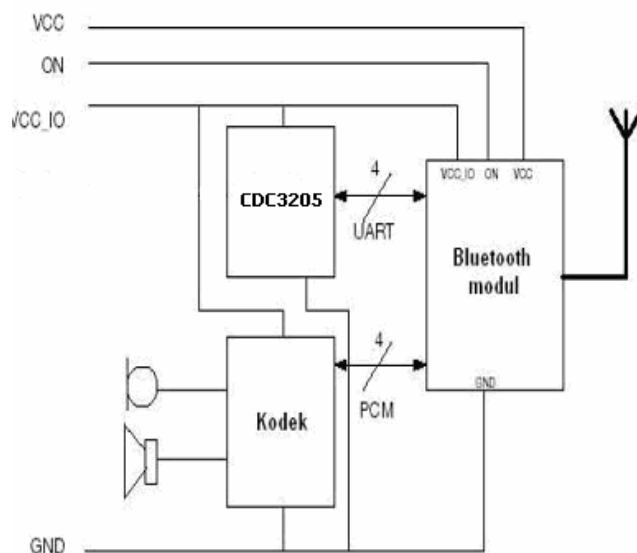
Prilikom prenosa govora Bluetooth koristi jedan od dva formata za pretvaranje govora u digitalni oblik i obrnuto: logaritamski PCM (*Pulse Code Modulation*) ili CVSD (*Continuous Variable Slope Delta modulation*). Oba modela imaju brzinu pretvaranja od 64 kbit/s.

Ovaj rad se bavi načinom projektovanja bežične mikrotelefonske kombinacije za komunikaciju sa mobilnim telefonom. Takođe, sem komunikacije sa mobilnim telefonom omogućeno je i uspostavljanje veze i razmena podataka sa personalnim računarom posredstvom ACER USB (*Universal Serial Bus*) modula. Projekat je uključio i realizaciju programske podrške CDC3205 kontrolera za rukovanje elementima fizičke arhitekture.

2. FIZIČKA ARHITEKTURA

Na slici 1 je prikazan standardni način povezivanja Bluetooth radio modula preko PCM sprege i preko UART sprege. Pri realizaciji bežične mikrotelefonske kombinacije

korišćen je mikrokontroler MICRONAS CDC3205G-C2. On je povezan sa Bluetooth ERICSSON modulom ROK 101008 preko UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) sprežne linije. Razmena podataka preko univerzalnog asinhronog primopredajnog sprežnog sistema obavljala se u režimu prozivanja. Zbog ograničenih mogućnosti CDC3205 mikrokontrolera i nedostatka svih kontrolnih signala za UART, bilo je neophodno uvesti dodatne signale koji su programski oponašali CTS (*Clear To Send*) i RTS (*Request To Send*) signale. CTS i RTS signali su neophodni za pravilan rad UART linije. Sem kontrolnih signala, neophodno je uvesti i vremensko kašnjenje između paketa poruka preko UART linije. Pri uzastopnom prijemu paketa, novopristigli paket oštećuje kraj prethodnog paketa. Uzrok ovome je mala veličina UART međumemorije mikrokontrolera CDC3205G-C2. Vremensko kašnjenje se dobija zaustavljanjem UART linije na kratki vremenski interval po prijemu jednog paketa poruka.



Slika 1- Blok shema mikrotelefonske kombinacije na bazi Bluetootha

Na slici 1 se vidi i Bluetooth modul Ericsson ROK 101008. ROK 101008 je modul kratkog dometa za implementaciju Bluetooth funkcionalnosti u različitim električnim uređajima. Modul se sastoji od tri glavna dela: kontroler, flash memorija i radio koji radi na globalno dostupnoj frekvenciji 2.4 – 2.5 GHz. Modul podržava prenos podataka i prenos glasa. Komunikacija između modula i kontrolera se odvija preko UART i PCM sprege. ROK 101008 podržava Bluetooth protokol verzije 1.1 i to je modul klase 2. Za Bluetooth Ericsson modul realizovan je skup upravljačkih funkcija kojima je moguće postaviti modul u željeno stanje ili pribaviti podatke o trenutnom stanju modula. Funkcije koje su realizovane za modul su:

- *HCI_EricssonWriteMemory*

- *HCI_EricssonWriteHWRegister*
- *HCI_EricssonWriteI2C*
- *HCI_EricssonSetUartBaudRate*
- *HCI_EricssonWriteCountryCode*
- *HCI_EricssonWritePCMSettings*
- *HCI_EricssonReadMemory*
- *HCI_EricssonReadHWRegister*
- *HCI_EricssonReadI2C*
- *HCI_EricssonSetSCODataPath*
- *HCI_EricssonStoreInFlash*

Sve HCI (*Host Controller Interface*) funkcije prosleđuju kao povratni parametar informaciju o uspešnosti izvršenja date funkcije. Sve nabrojane funkcije su realizovane tako da u potpunosti odgovaraju *Bluetooth* modulima ROK 101007 i ROK 101008.

Preko PCM kanala *Bluetooth* modul je povezan sa audio kodekom TEXAS INSTRUMENTS TLV320AIC1107. Digitalni PCM kodek TLV320AIC1107 je dizajniran da omogući analogno/digitalno pretvaranje signala koji se šalje i digitalno/analogno pretvaranje signala koji se prima. Koristi se u telefoniji za realizaciju uređaja sa mikrotelefonskom kombinacijom.

Problem kodeka je što očekuje kontinualni signal takta na 2048kHz, dok Ericsson *Bluetooth* modul daje signal takta samo u vremenskim periodima kada se pojavljuju validni podaci na PCM kanalu. Ovo se dešava ukoliko Ericsson *Bluetooth* modul radi u režimu vodećeg uređaja. Ako se *Bluetooth* modul postavi u režim pratećeg uređaja, tada mu je neophodno dovesti spoljni signal takta 2048kHz i signal dozvole 8kHz. Ericsson modul se postavlja u režim pratećeg uređaja funkcijom *HCI_EricssonWritePCMSettings*. Spoljni signal takta i signal dozvole su dobijeni programiranjem mikrokontrolera Altera MAX. *Bluetooth* modul i audio kodek su povezani na spoljne signale takta i dozvole koje generiše Altera MAX. Ulazni takt oscilatora vezanog za Altera MAX iznosi 16.348MHz. Ulazni takt se deli sa osam da bi se dobio izlazni signal takta od 2.048MHz koji je potreban za rad Ericsson modula i audio kodeka. Takođe se deljenjem ulaznog takta sa 2048 dobija izlazni signal dozvole od 8kHz.

Ulazni signali u Alteru MAX su takt oscilatora i signal za restartovanje, a izlazni signali su signal PCM takta 2.048MHz i signal dozvole 8kHz.

3. PROFIL MIKROTELEFONSKE KOMBINACIJE

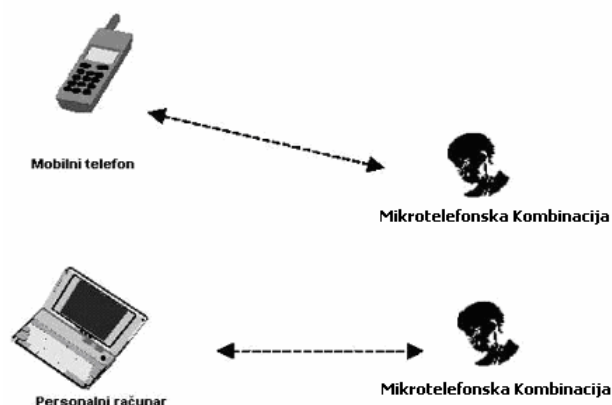
Profil bežična mikrotelefonaska kombinacija definiše protokole i procedure koje se koriste od strane korisničkog uređaja koji se zove bežična mikrotelefonaska kombinacija. Ovaj uređaj je namenjen da pri komunikaciji sa mobilnim telefonom korisniku obezbedi dvosmerni bežični prenos zvuka.

Mikrotelefonaska kombinacija korisniku obezbeđuje mobilnost i potpunu privatnost u komunikaciji. Uloga mikrotelefonaska kombinacije jeste da olakša komunikaciju u situacijama poput vožnje automobila i slično. Profil mikrotelefonaska kombinacije je direktno vezan za više nivoe: profil serijskog spreznog sistema (*Serial Port Profile - SPP*) i profil opšteg pristupa (*Generic Access Profile -GAP*). SPP profil definiše protokole i procedure koje *Bluetooth* uređaji

koriste za emulaciju RS232 serijske veze. Uređaji sa ovim profilom koriste *Bluetooth* kao zamenu za žičanu vezu i podaci se razmenjuju preko virtuelnog serijskog spreznog sistema.

Svrha funkcija GAP je da obezbedi podatke o definicijama, preporukama i ustaljenim potrebama koje se odnose na stanja i procedure pristupa koji se koriste za aplikacione profile. Zadatak mu je da pokaže kako se uređaji ponašaju u stanju čekanja ili uspostavljanja veze u režimu koji garantuje da će se kanal komunikacije uvek moći uspostaviti između *Bluetooth* uređaja. Težište je stavljeno na otkrivanje uređaja, uspostavljanje veze i sigurnosne procedure.

Na slici 2 su prikazane mogućnosti spreznjanja bežične mikrotelefonaska kombinacije sa mobilnim telefonom ili računarnom. U slučaju spreznjanja sa mobilnim telefonom ostvaruje se dvosmerni SCO kanal za prenos glasa, dok se u slučaju povezivanja sa računarnom ostvaruje jednosmerni SCO kanal za prenos zvuka od personalnog računara ka korisniku.



Slika 2 – Bežična mikrotelefonaska kombinacija u sprezi sa mobilnim telefonom ili računarnom

Bluetooth komunikacione uređaje moguće je podeliti u sledeće grupe:

- *Audio Gateway (AG)* – Komunikacioni uređaj koji šalje i prima audio signal, mobilni telefon ili računarnom.
- *Headset (HS)* – Uređaj koji se ponaša kao AG daljinski ulazno izlazni uređaj.

Osnovna ograničenja vezana za profil mikrotelefonaska kombinacije:

- Osnovna pretpostavka jeste da uređaj može da bude aktivan samo ako komunicira sa još nekim uređajem, odnosno kada treba da uspostavi vezu sa drugim uređajem.
- Pri prenosu audio signala, rezultujući zvuk je mono ali pri tome ne dolazi do degradacije zvuka koja utiče na kvalitet same reprodukcije.
- Između AG i HS moguće je da bude uspostavljena istovremeno samo jedna audio veza.

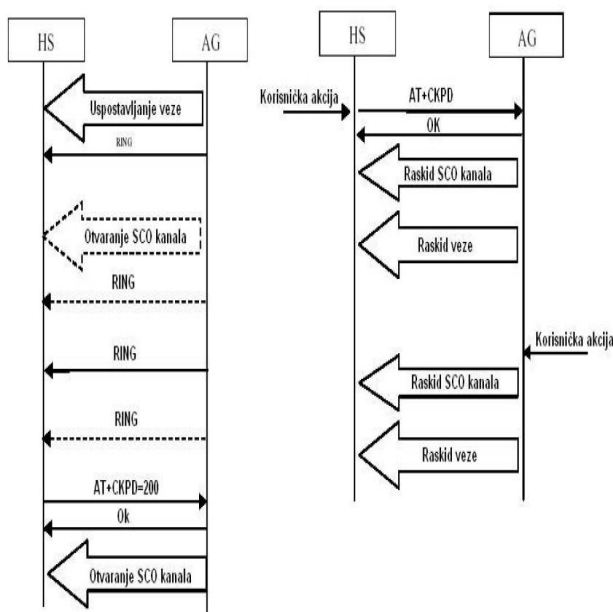
- AG neposredno kontroliše uspostavljanje i raskid veze. Mikrotelefonska kombinacija neposredno uspostavlja vezu sa AG preko ostvarene SCO veze. Kada je jednom veza uspostavljena postoji ispravan dvosmerni govorni signal na SCO vezi.
- Profil omogućava samo osnovni nivo operativnosti, nije podržana obrada više razgovora u isto vreme.
- Jedina sprega HS sa korisnikom je taster pomoću koga korisnik može da uspostavi vezu.

HS može da uspostavi vezu sa AG bez korišćenja ili sa korišćenjem sigurnosne procedure. Ukoliko je autorizacija ili enkripcija zahtevana od strane AG tada uređaji uspostavljaju vezu preko GAP koristeći njegove autorizacione procedure. Ove procedure tada uključuju unošenje sigurnosne PIN šifre. Za HS se obično koristi fiksna sigurnosna PIN šifra zato što je to uređaj sa ograničenom spregom ka korisniku.

4. USPOSTAVLJANJE I RASKID VEZE

U komunikaciji ne postoji statičan odnos prateći – vodeći uređaj. AG i HS podržavaju emulaciju serijskog prolaza. Za emulaciju serijskog prolaza se koristi RFCOMM nivo *Bluetooth-a*. RFCOMM se koristi za slanje korisničkih podataka uključujući modemske kontrolne signale i AT komande od strane HS ka AG i obrnuto.

Veza između HS i AG se uspostavlja ukoliko je inicirana od strane korisnika (pritisakom na taster), ili pri pristizućem telefonskom pozivu. Pri pristizućem telefonskom pozivu ili događaju generisanom od strane korisnika, AG će pokrenuti uspostavljanje veze. Kada veza bude jednom uspostavljena AG će poslati rezultujući kod RING. RING služi za upozoravanje korisnika o pristizućem pozivu. Može se ponavljati dok god traje proces uspostavljanja veze.



Slika 3 – Procedura uspostavljanja i raskida veze

Kada je korisnik upozoren o dolaznom pozivu može, koristeći korisnički definisanu akciju (pritisak na taster

mikrotelefonske kombinacije), da primi poziv. Kada korisnik pritisne taster, HS će poslati komandu za uspostavljanje veze ka AG, posle čega će AG uspostaviti SCO vezu (ukoliko nije uspostavljena ranije). AG može da uspostavi SCO vezu posle završetka uspostavljanja ACL veze, a pre prispeća AT + CKPD komande od strane HS. Ovo je naročito poželjno kada je u pitanju mobilni telefon, jer na taj način se realizuje mogućnost automatskog aktiviranja HS.

Raskid veze između HS i AG može biti iniciran korisnikovom akcijom, slika 3. Raskid veze je moguće izvršiti pritiskom na taster koji se nalazi na HS. Takođe je moguće raskid veze pritiskom na taster telefona.

U programskom segmentu za kontrolu uspostavljanja i raskida veze, napravljen je automat sa konačnim brojem stanja. U svakom stanju se očekuje određena AT komanda od strane AG uređaja. Po njenom pristizanju, bila bi poslata odgovarajuća AT komanda/odgovor ka AG uređaju. Po poslatoj AT komandi automat prelazi u naredno stanje.

Osnovna stanja automata su:

- *HS_Init*
- *A_Initial*
- *A_HCI_Init*
- *A_Ringing*
- *A_WaitingAGRsp*
- *A_Communicating*
- *A_Disconnecting*

U svakom od stanja, automat može da primi poruku o nastavku uspostavljanja veze i tada se procedura uspešno nastavlja, ili da primi poruku o безусловnom raskidu veze kada se oba uređaja vraćaju u početno stanje.

5. ISPITIVANJE BEŽIČNE KOMUNIKACIJE

Ispitivanje profila bežične mikrotelefonske kombinacije je obavljeno sa mobilnim telefonom i sa ACER USB modulom. Dokazano je da je u oba slučaja moguće uspešno uspostavljanje veze i prenos audio signala po PCM liniji. Tačnost AT poruka na prijemnoj i predajnoj liniji se očitava iz privremenih međumemorija. Svrha međumemorija je da se u njima očuvava bilo koja poslata ili primljena poruka preko UART linije. Razlaganjem poruka u prijemnoj međumemoriji moguće je izdvojiti poruke koje se odnose na HCI komande, poruke koje se odnose na SDP nivo, i poruke RFCOMM nivoa.

Test uspešnosti je dokazan i pomoću Merlin *Bluetooth* protokol analizatora. Njim je uspešno snimljena razmena paketa koja se odvijala između HS sa jedne strane i mobilnog telefona ili ACER USB modula sa druge strane.

6. DOPUNE ZA MIKROTELEFONSKU KOMBINACIJU NA SDP I RFCOMM NIVOIMA

Realizacija bežične mikrotelefonske kombinacije je zahtevala i dopune na SDP (*Service Discovery Profile*) nivou. SDP nivo je naime trebalo dopuniti segmentima koji

opisuju profil mikrotelefonske kombinacije i *Handsfree* profil. Na osnovu tih dopuna SDP nivo u komunikaciji sa okolinom može da otkriva druge uređaje koji imaju iste osobine.

Primer dopuna na SDP nivou za *Headset* profil su kodovi za:

- *headset_service_record_handle*
- *headset_remote_audio_volume_control*
- *headset_service_class_list*
- *headset_protocol_descriptor_list*
- *headset_profile_descriptor_list*
- *headset_service_name*

Sem datih izmena bilo je potrebno modifikovati funkcije koje obrađuju pristigle poruke za SDP nivo od strane AG uređaja, a koje su vezane za *Headset* ili *Handsfree* profile.

Uspostavljanje veze na RFCOMM nivou se obavlja u dva koraka. Prvi korak je otvaranje kontrolnog kanala. Po završetku razmene poruka na kontrolnom kanalu otvara se kanal za razmenu podataka.

Pri otvaranju kontrolnog kanala prvo se ostvaruje L2CAP (*Logical Link Control and Adaptation Protocol*) veza, a potom se šalje SABM poruka. SABM (*Set Asynchronous Balanced mode*) poruka je namenjena započinjanju procesa uspostavljanja kontrolnog kanala. Po njenom prijemu, prateći uređaj vraća neoznačenu potvrdu UA (*Unnumbered Acknowledgement*).

Potom, vodeći uređaj šalje komandu za usaglašavanje parametara PN (*Parameter Negotiation*). Prateći uređaj takođe odgovara sa PN porukom. Sledeća poruka koju šalje vodeći uređaj je SABM poruka koja inicira otvaranje kanala za razmenu podataka. Prateći uređaj po pristizanju SABM poruke vraća UA poruku ka vodećem uređaju. Sledeća grupa poruka koje se razmenjuju su status komande modema MSC (*Modem Status Command*). Vodeći uređaj šalje MSC komandu ka pratećem uređaju. Prateći uređaj odgovara sa dve MSC poruke. Prva MSC poruka je odgovor za vodeći uređaj, a druga je komanda namenjena vodećem uređaju. Vodeći uređaj će po prijemu ove MSC komande poslati MSC poruku kao odgovor ka pratećem uređaju.

Osnovni problem koji se javio na RFCOMM nivou je bio raskid veze koji se javljao neposredno po otvaranju SCO linije. Uzrok raskida veze je bio nepotpun proces otvaranja RFCOMM kanala. Sekvenca se nije u potpunosti izvršavala, jer je PN poruka neadekvatno obrađivana. Osnovna greška u postojećoj programskoj podršci je pretpostavka da su poruke koje se razmenjuju pri iniciranju RFCOMM kanala kratke. Po toj pretpostavci za prikaz veličine kratkih poruka (*Size*) bio je potreban jedan bajt. Ukoliko se ignoriše parametar EA u PN i MSC komandama tada se ne vodi računa o mogućnosti da se veličina kratkih poruka (*Size*) može prikazati i sa dva bajta. Tada HS uspešno uspostavlja vezu sa ACER USB modulom, ali proces uspostavljanja veze sa mobilnim telefonom biva prekinut.

PN+C/R+EA	Size	DLCI	CL+I	Priority
T(60s)	Max Frame Size	Retransmission	K	

Slika 4 - Format PN komande

Da bi se omogućilo uspostavljanje veze i sa mobilnim telefonom, neophodno je uzeti u obzir vrednost EA parametra.

7. ZAKLJUČAK

Mikrokontroler CDC3205G-C2 je jezgro mnogih kontrolno upravljačkih tabli u savremenim automobilima. Razvijena arhitektura je namenjena za ugradnju u kontrolnu tablu automobila kao dodatak na postojeću funkcionalnost, sa ciljem da se zvučnici (a sve češće i mikrofoni), u okviru postojeće infrastrukture u vozilu, iskoriste za komunikaciju preko mobilnog telefona. Ovaj režim je izuzetno važan sa stanovišta sigurnosti u toku istovremenog telefoniranja i upravljanja vozilom. Dalji pravci razvoja su integracija u postojeće module programske podrške koje već rade u okviru automobila.

LITERATURA

- [1] Vladimir Kovačević: *Logičko Projektovanje Računarskih Sistema i Projektovanje Digitalnih Sistema*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, 2001
- [2] *Specification of the Bluetooth System – Core version 1.2*, Bluetooth™, 2003
- [3] *Specification of the Bluetooth System – Profiles*, Bluetooth™, 2001
- [4] *Linear PCM codec TLV320AIC1107*, Texas Instruments, 2003
- [5] *ROK 101008 Bluetooth PtP Module*, Ericsson, 2002
- [6] *CDC 32xxG-B Automotive Controller Family Users Manual*, Micronas, 2002

Abstract - *Wireless loudspeaker based on Bluetooth is simple realization of Bluetooth Headset Profile. This is device with wide area of use and possibility for communication with PC or cellular phone. Minimal configuration is link between microcontroller MICRONAS CDC 3205, Ericsson Bluetooth Module ROK 101008 and TEXAS INSTRUMENTS linear PCM codec TLV320 AIC1107. The headset is a device with limited user interface and its main usage is for voice transfer over existing audio channel. The headset or handsfree is communication device integrated in automobile. The headset directly affects on safety in traffic.*

ONE SOLUTION OF WIRELESS LOUDSPEAKER (HEADSET) BASED ON BLUETOOTH

Miloš Basara, Nikola Teslić, Tatjana Samardžić, Saša Vukosavljev