



Ante Restović



Ivo Stojan



Ivica Ćubić

**Ante Restović, Ivo Stojan, Ivica Ćubić**

Ericsson Nikola Tesla d.d., Split, Hrvatska  
Ericsson Nikola Tesla d.d., Split, Croatia

**Ključne riječi:**

Bluetooth bežična tehnologija  
Daljinsko upravljanje  
Kućna automatika  
Rezidencijalni poveznik  
Kombinirano korisničko sučelje

**Key words:**

Bluetooth wireless technology  
Remote control  
Home automation  
Residential gateway  
Multimodal user interface

# Bluetooth® bežična tehnologija i njezine primjene<sup>1</sup>

**Sažetak**

Sve veći broj elektroničkih mobilnih uređaja, porast njihove procesorske snage, memorije i, općenito, mogućnosti potiče i korisničke zahtjeve za njihovom međusobnom neposrednom komunikacijom, pretežito podacima. Neposredna komunikacija uključuje međusobno otkrivanje, prepoznavanje i dogovaranje komunikacijskih parametara te samu komunikaciju u realnom vremenu. Bluetooth bežična tehnologija može udovoljiti postavljenim zahtjevima za neposrednu komunikaciju na bliskim udaljenostima između elektroničkih uređaja.

Članak opisuje Bluetooth bežičnu tehnologiju i moguće primjene analizirane u tehnološkim prototipovima. Prototipovi su izrađeni u okviru zajedničkih projekata Istraživačkog odjela Instituta za telekomunikacije u Ericssonu Nikoli Tesli i Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu.

## BLUETOOTH WIRELESS TECHNOLOGY AND ITS USAGE

**Abstract**

Increasing number of electronic mobile devices with power processors, big memory and advanced overall capabilities leverages users' demands for their mutual, mainly data, communication. This communication implicates device and service inquiry, negotiation of communication parameters and real time communication itself. Bluetooth wireless technology has been designed to meet this requirements in proximity.

This article gives an overview of Bluetooth wireless technology and presents possible Bluetooth applications in different prototypes. Prototypes have been developed within joint projects of the Research department of the Research and Development Center in Ericsson Nikola Tesla and Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Split.

## 1. Uvod

Potrebe za komunikacijom i mobilnošću zauzimaju visoko mjesto na listi ljudskih potreba prema nepodijeljenom mišljenju teoretičara koji se bave čovjekom i društvom. Kroz tu prizmu svakako valja gledati i progresivni rast korisnika usluga mobilnih komunikacijskih mreža, sada već tijekom cijeloga desetljeća. Tehnološki razvoj na raznim područjima je to omogućio, ali je zasigurno nedostatan za objašnjenje takvog prihvaćanja i uzleta mobilnih komunikacija i njihovog zadiranja u sve segmente ljudskoga života.

S druge strane vitalnost Mooreovog zakona, prema kojem se procesorska snaga po jedinici površine udvostručuje svakih osamnaest mjeseci, omogućuje stalnu minijaturizaciju procesora i usporedo s razvojem baterija, zaslona i naprednih korisničkih sučelja dovodi do poplave pristupačnih računala veličine ljudskoga dlana, tzv., *Personal Digital Assistants* (PDAs). Kako se od malih računala očekuju sve mogućnosti kao kod starije i veće PC "braće", komunikacija s ostalim uređajima i spajanje na Internet se podrazumijevaju i u klasi malih računala.

Porast broja i funkcionalnosti elektroničkih uređaja uz stalnu tendenciju njihove međusobne komunikacije dovodi do još bržeg porasta broja potrebnih žica i kabela. To je poprimilo tolike razmjere da je malo ljudi koji koriste računala, a da nisu vidjeli i iskusili nepreglednu šumu kabela, koja zna poslužiti i kao umjetnička inspiracija (Slika 1.).



Slika 1. Miltos Manetas<sup>2</sup>: „Kablovi na podu“, ulje na platnu, 1999.

Potrebu za osobnom mobilnošću i komforom koju ona donosi vrlo rano su prepoznali proizvođači telefonskih aparata, pa su ponudili prvo analogne, a za-

tim i digitalne aparate (popularni DECT standard) koji omogućavaju besplatnu mobilnost tijekom telefonskoga razgovora u ograničenom prostoru (stan ili kuća).

Najpoznatiji odgovor računalne industrije je bežični LAN (*Wireless LAN*) ili bežični Ethernet (*Wireless Ethernet*) kako se najjednostavnije može opisati WLAN tehnologija. WLAN tehnologija koristi besplatne frekvencijske spektre od 2,4 i 5 GHz. Ne samo da donosi ograničenu mobilnost reda nekoliko desetaka metara u zgradama, nego rješava i infrastrukturne probleme, jer izgradnja žičane infrastrukture ne može pratiti porast uređaja koji žele spoj na neku mrežu.

Zadnji su na red za umrežavanje došli mali elektronički uređaji koji još uvijek imaju ograničenja, prvenstveno kada je riječ o autonomnosti i snazi baterija, te primjena postojećih tehnologija nije optimalna. Problem su i različiti standardi, koji dodatno, ako su zaštićeni patentnim i vlasničkim pravima, poskupljuju primjenu.

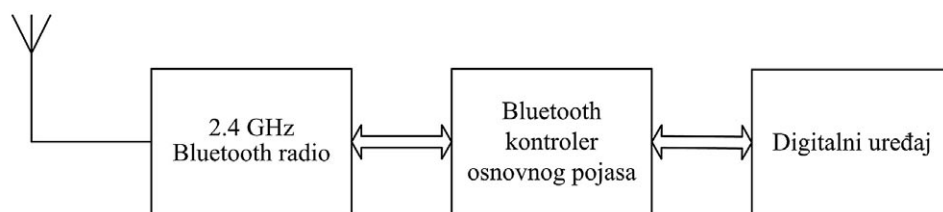
Bluetooth bežična tehnologija je inicijalno razvijena kao tehnologija za bežično povezivanje mobilnih aparata i njihovih ekstenzija. Opis Bluetooth bežične tehnologije je dan u sljedećem poglavlju. U trećem, četvrtom i petom poglavlju redom su opisani e-marine, daljinski upravljač i elektronička pomoć u svakodnevnom životu (EADL) kao primjeri upotrebe Bluetooth bežične tehnologije.

## 2. Bluetooth bežična tehnologija

Razvitak Bluetooth tehnologije započinje tvrtka Ericsson 1994. godine istraživanjima koja su imala za cilj realizirati troškovno i tehnološki učinkovito radio sučelje, male potrošnje za mobilne uređaje namijenjeno radu na malim udaljenostima. Naziv Bluetooth dan je prema imenu danskoga kralja Haralda Bluetootha koji je živio od 910. do 940. godine. U povijesti je poznat po tome što je ujedinio Dansku i Norvešku. Godine 1998. formirana je posebna grupa SIG (*Special Interest Group*) za razvoj i standardizaciju Bluetooth sučelja. Ta grupa danas ima više od 2000 članova, a predvode je stručnjaci tvrtki Ericsson, Nokia, Toshiba, Intel i IBM. Specifikacija ove tehnologije objavljena je 1999. godine. U ožujku 2002. godine IEEE radna grupa 802.15.1 za standardizaciju osobnih mreža, PAN (*Personal Area Network*) usvojila je Bluetooth bežični standard.

### 2.1. Osnovna svojstva Bluetooth bežične tehnologije

Bluetooth bežična tehnologija omogućuje povezivanje prijenosnih i stolnih računala, računalne opreme, mobilnih telefona, kamera i drugih digitalnih uređaja uporabom bežičnih veza na relativno malim udalje-



**Slika 2.**  
**Bluetooth**  
**bežični sustav**

nostima.

Drugim riječima, ova tehnologija omogućuje komuniciranje između uređaja i njihovo bežično povezivanje putem Bluetooth pristupnih točaka s mrežom za prijenos govora ili s Internet mrežom velikim brzinama. To pretpostavlja da se Bluetooth radio i kontroler osnovnog pojasa mogu ugraditi u uređaj (kamera, tipkovnica, slušalica, mobilni telefon) ili spojiti putem univerzalne serijske sabirnice (USB – *Universal Serial Bus*) i serijskoga priključka ili preko PC kartice s računalom ili bilo kojim drugim korisničkim uređajem (Slika 2.). Osnovne značajke ove tehnologije su robusnost te značajna troškovna učinkovitost i ekonomičnost u potrošnji snage i energije.

### 2.1.1 Frekvencijski pojas i RF kanali

Bluetooth uređaji rade u frekvencijskom pojasu od 2.4 GHz do 2.4835 GHz, tj. u tzv. industrijsko-znanstveno-medicinskom, ISM (*Industrial-Scientific-Medicine*) pojasu. Kako je ISM pojas svakome otvoren, radio sustavi koji rade u ovom frekvencijskom pojasu moraju biti tako projektirani da se mogu uspješno nositi s problemima interferencije i fedinga (*fading*, promjena jakosti signala). Ovi su problemi riješeni uporabom tehnologije frekvencijskog preskakivanja s raspršenim spektrom (FHSS, *Frequency Hopping Spread Spectrum*).

Primjenom Bluetooth tehnologije dijeli se raspoloživi spektar (83.5 MHz) u 79 komunikacijskih kanala širine 1 MHz. Tijekom komunikacije radio primopredajnici preskaču s kanala na kanal na pseudo slučajni način. Drugim riječima, u Bluetooth kanalima se primjenjuju sheme frekvencijskoga preskakivanja i dvosmjernoga prijenosa s vremenskom raspodjelom. Kanal je podijeljen u vremenske odsječke trajanja 625 ms, a za svaki pojedini odsječak određuje se drukčija frekvencija preskakivanja. To rezultira nominalnom frekvencijom od 1600 preskoka u sekundi.

Dvije ili više jedinica koje dijele isti kanal, tvore mrežu, nazvanu *piconet*. U njoj se jedna jedinica ponaša kao nadređena (*master*), kontrolirajući promet u *piconet* mreži. Ostale su jedinice podređene (*slave*). Da bi uređaji mogli komunicirati moraju raditi sinkrono i upotrebljavati istu sekvencu preskakivanja. Bluetooth

uređaji u *piconet* mreži usklađuju svoj takt s generatorom takta nadređene jedinice. Sekvencu preskakivanja također određuje nadređena jedinica.

U svakom je vremenskom odsječku moguća je razmjena paketa između nadređene i podređenih jedinica. Format paketa je određen standardom prema kojem se svaki paket sastoji: od pristupnog koda (72 bita), zaglavlja (54 bita) i korisničkog opterećenja (*payload*) s 0-2745 bita. Pristupni kod služi za identifikaciju i sinkronizaciju uređaja, a zaglavlje sadrži upravljačke informacije (Slika 3.). Duljina korisničkog dijela je

Pristupni kod	Zaglavlje	Korisnički dio
72 bita	54 bita	0-2745 bita

**Slika 3. Standardni format paketa**

promjenjiva.

Standardom su definirane i dvije vrste fizičkih veza koje podržavaju prijenos govora i podataka. To su:

- Sinkrona veza orijentirana na spajanje (SCO link – *Synchronous Connection Oriented link*);
- Asinkrona veza bez spajanja (ACL – *Asynchronous Connectionless Link*).

Sinkrona veza orijentirana na spajanje podržava veze tipa od točke do točke. Upotrebljava se za prijenos govora visoke kvalitete uporabom paketa HV (*High Quality Voice*). Prijenos se može ostvariti i uporabom DV (*Data Voice*) paketa kojima se prenose podaci i govor.

Pri prijenosu SCO vezom može se upotrijebiti shema unaprijednog ispravljanja pogrešaka (FEC – *Forward Error Correction*). HV paketi ne uključuju CRC kod i nikada se ponovno ne odašilju. Svrha uporabe FEC sheme pri podatkovnom prijenosu je smanjenje broja retransmisija. Istodobno se mogu ostvariti tri govorne veze brzine prijenosa 64 kbit/s.

Asinkrona veza bez spajanja podržava prijenos ACL paketa kojima se prenose korisničke ili upravljačke informacije u jednom ili nekoliko vremenskih odsječaka (1, 3 i 5) sa ili bez primjene sheme unaprijednog ispravljanja pogrešaka.

Standardom su definirane i dvije vrste fizičkih veza koje podržavaju prijenos govora i podataka (Tablica 1.).

Simetrično (kbit/s)	Asimetrično (kbit/s)	
108.8	108.8	108.8
172.8	172.8	172.8
256.0	384.0	54.4
384.0	576.0	86.4
286.7	477.8	36.3
432.6	721.0	57.6

Tablica 1. Moguće brzine podataka kod ACL veze

Kako Bluetooth radio mora djelovati u otvorenom frekvencijskom pojasu (ISM Band, *Industrial, Scientific and Medical Applications of Radio*), zračno sučelje mora biti optimizirano tako da se može nositi s problemima interferencije i fedinga. Da bi se umanjio utjecaj interferencije upotrebljava se:

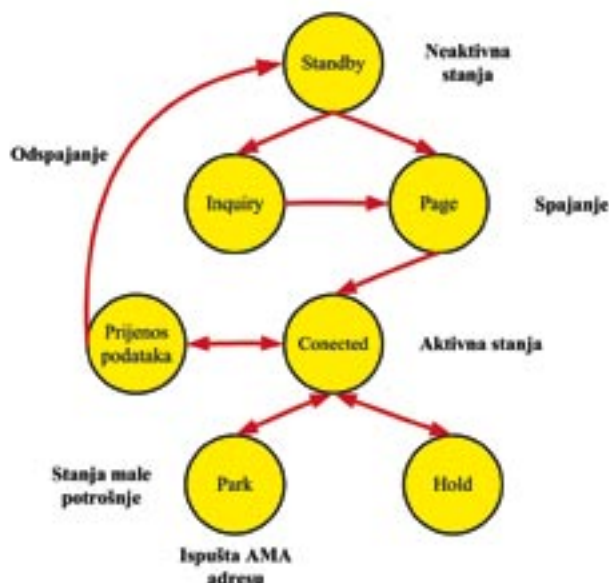
- Tehnologija frekvencijskoga poskakivanja s velikom brzinom preskakivanja (1600 preskoka/s) u kombinaciji s kratkim paketima, (ako se paket izgubi, gubi se samo mali dio poruke);
- Shema unaprijednog ispravljanja pogrešaka;
- Shema automatske retransmisije (ARQ – *Automatic Retransmission Query*) paketa pri prijenosu podataka;
- Robusna shema kodiranja govora, koji se nikad ponovo ne prenosi, temeljena na delta modulaciji s kontinuirano promjenjivim nagibom (CVSD – *Continuous Variable Slope Delta*).

### 2.1.2 Umrežavanje

Kada se Bluetooth primopredajnici nađu unutar dosega, mogu uspostaviti ad hoc mrežu. U toj mreži jedan od uređaja postaje nadređen, a ostali su podređeni. Važno je napomenuti da bilo koji uređaj može postati nadređenim. Uređaj koji uspostavlja vezu, prema definiciji, preuzima tu funkciju. Umrežavanje Bluetooth uređaja se odvija prema definiranom slijedu aktivnosti (Slika 4.).

Stanja Bluetooth uređaja:

- **Standby** – stanje u kojem Bluetooth uređaj čeka da se priključi *piconet* mreži;
- **Inquire** – stanje u kojem Bluetooth uređaj traži uređaj koji će mu pružiti zahtijevanu uslugu;
- **Page** – stanje u kojem Bluetooth uređaj zahtjeva povezivanje s određenim uređajem;
- **Connected** – stanje aktivnosti Bluetooth uređaja u *Piconet* mreži;
- **Park/Hold** – stanja male potrošnje energije, kada Bluetooth uređaji čekaju da nadređeni uređaj zahtijeva uslugu.



Slika 4. Aktivnost Bluetooth uređaja u mreži

Svi korisnici unutar jedne *piconet* mreže dijele isti kanal, pa porastom broja uređaja u toj mreži propusnost po korisniku brzo pada. Nekoliko *piconet* mreža, koje nisu međusobno sinkronizirane čine *scaternet* mrežu. Veza između *piconet* mreža ostvaruje se uporabom jednog od Bluetooth uređaja uključenog u dvije ili više *piconet* mreža. Maksimalni broj *piconet* mreža koje mogu tvoriti *scaternet* mrežu je 10.

Kako bi se osigurala zaštita uporabe i tajnost informacija Bluetooth tehnologija implementira sigurnosne standarde. Primjena frekvencijskoga poskakivanja i mala snaga emitiranja predstavljaju prvu razinu zaštite podataka. Druga se razina zaštite ostvaruje uporabom četiriju različitih entiteta:

- Javne adrese Bluetooth uređaja (BD ADDR), koja je jedinstvena za svakog korisnika, odnosno, za svaku Bluetooth jedinicu;
  - Dvaju tajnih ključeva (128 bitnog ključa za provjeru valjanosti veze i 8 - 128 bitnog ključa za šifriranje podataka);
  - Slučajnog broja koji je nov za svaku transakciju.
- Programi za provjeru valjanosti veze i za šifriranje implementirani su u svakoj Bluetooth jedinici na isti način.

### 2.2. Mogućnosti primjene Bluetooth tehnologije

Osnovna područja primjene Bluetooth tehnologije su sljedeća: zamjena za kabel, ostvarivanje osobne *ad hoc* mreže te ostvarivanje pristupnih točaka za povezivanje korisničkih terminala na postojeće mreže za prijenos





Slika 5. Modeli uporabe Bluetooth tehnologije

govora i podataka (Slika 5.).

Zanimljive mogućnosti uporabe Bluetooth tehnologije ogledaju se pri ostvarivanju:

- Interaktivne konferencije, tj. bežične razmjene podataka između sudionika konferencije;
- Internet mosta, tj. povezivanje na Internet putem LAN, PSTN, xDSL, ISDN, GSM, GPRS, UMTS mreža;
- Radnoga stola bez kabela, tj. pri povezivanju perifernih uređaja na osobno računalo bez kabela;
- Automatske sinkronizacije podataka između raznih digitalnih uređaja (mobilnog telefona, prijenosnog i ručnog računala);

• Tri telefona u jednom, pri čemu GSM-Bluetooth mobilni telefonski aparat omogućava razgovor preko mobilne mreže, razgovor preko PSTN mreže u uredu ili kod kuće te interkom razgovor s drugim Bluetooth uređajem koji podržava govornu komunikaciju.

Grupa za razvoj Bluetooth standarda konstantno radi na savršavanju Bluetooth bežične tehnologije i na implementaciji novih Bluetooth profila kojim se proširuje područje upotrebe tog bežičnog standarda.

Osim toga, kombinacijom postojećih profila i osnovnih mogućnosti Bluetooth tehnologije moguće je projektirati složena komunikacijsko - informacijska rješenja.

### 2.3. Trenutačno stanje tehnologije

Nova specifikacija Bluetooth bežične tehnologije prihvaćena je u studenome 2003. godine. Revizija Bluetooth standarda 1.2 je kompatibilna s revizijom standarda 1.1, a osnovna poboljšanja su:

- Anonimni način rada, koji omogućava skrivanje adrese Bluetooth uređaja kako bi se korisnika zaštitilo od praćenja;
- Adaptivna tehnologija frekvencijskoga preskaki-

vanja (AFH – *Adaptive Frequency Hopping*), koja poboljšava otpornost na greške radio sučelja, izbjegavanjem emitiranja na višestruko zauzetim frekvencijskim kanalima;

• Kvalitetniji prijenos glasa, dobiven je boljim procesiranjem signala i upotrebom različitih metoda kodiranja;

• Vrijeme potrebno za pronalaženje Bluetooth uređaja i uspostave veze je smanjeno na prosječno 1s.

U studenome 2004. godine grupa zadužena za razvoj Bluetooth bežičnog standarda (*Bluetooth SIG*) predstavila je novu reviziju Bluetooth standarda, verziju 2.0 + EDR (*Enhanced Data Rate*). Nova revizija standarda motivirana je poboljšavanjem postojećih scenarija uporabe, koji su zahtijevali veću propusnost podataka, kao prijenos zvuka CD kvalitete, transfer digitalnih fotografija te brzi prijenos podataka do laserskih štampača i sl. Osnovna poboljšanja koja uvodi verzija 2.0 + EDR Bluetooth standarda su:

- Tri puta veća brzina prijenosa podataka;
- Manja potrošnja energije;
- Poboljšanje kvalitete prijenosa podataka (manji postotak pogrešno prenesenih bitova (BER – *Bit Error Rate*)). Uz postojeća poboljšanja zadržana je i kompatibilnost s Bluetooth uređajima temeljenim na verzijama specifikacije 1.1 i 1.2.

Za 2005. godinu Bluetooth razvojna grupa najavila je nastavak rada na poboljšavanju sigurnosti i performansi. Osim toga, novosti bi trebale biti i podrška za grupni prijenos (*multicast*) i povećanje dometa uređaja uz istu zračenu snagu.

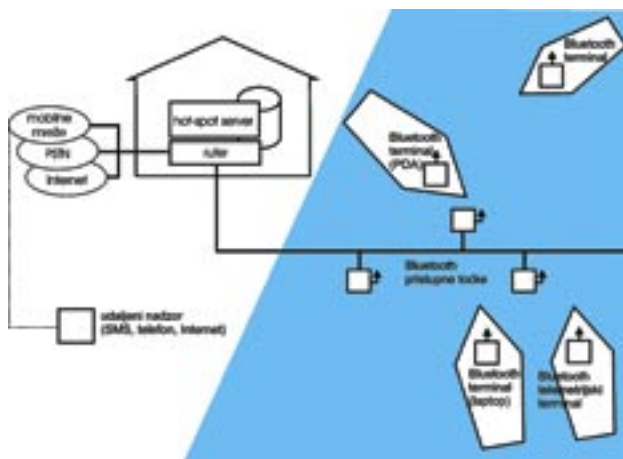
## 3. E-marine

Ljudi se danas ne žele odreći svojih uobičajenih komunikacijskih navika (komunikacija glasom, elektro-

ničke pošte, Internet i www usluge) ni tijekom putovanja ili godišnjih odmora. Korisnici nose uz sebe prijenosna i ručna računala i tijekom turističkih putovanja, pa im je potrebna komunikacijska infrastruktura na različitim mjestima. Nedostatak javne komunikacijske infrastrukture posebno je izražen u nautičkim marinama, iako u njima zbog duge nautičke sezone ima gostiju gotovo tijekom cijele godine. Nautičke marine su zbog same svoje prirode, blizine mora i velikog solaniteta neprikladne za klasičnu fiksnu komunikacijsku infrastrukturu.

Kroz zajedničke istraživačko-razvojne projekte (Kirk, Kalipso i e-marine) s Fakultetom elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu (FESB) osmišljena je Internet *hot-spot* infrastruktura za marine s Bluetooth bežičnim korisničkim pristupom. Bluetooth bežična tehnologija je pogodna zbog očekivane rasprostranjenosti korisničkih uređaja koji je podržavaju. Zanimljiva usporedba je da Bluetooth uređaj može imati i do 2000 puta manje radio zračenje od mobilnoga telefona.

Internet *hot-spot* infrastruktura je komunikacijsko rješenje za bežični pristup podatkovnim i govornim uslugama na ograničenoj lokaciji s velikom fluktuacijom korisnika (Slika 6.). Tehnološka osnovica je TCP/IP protokol i Bluetooth bežična tehnologija.



**Slika 6.** Shematski prikaz *hot-spot* infrastrukture u marini

Predviđeni korisnički scenarij u zamišljenoj e-marini je da nautičar koji drži brod na zimskom vezu dolazi spokojan u marinu jer zna da mu je s brodom sve u najboljem redu. Stanje broda je pratio preko Interneta zahvaljujući instaliranom brodskom Bluetooth telemetrijskom uređaju i usluzi udaljenog nadzora broda. Usluga udaljenog nadzora broda je iznimno korisna i djelatnicima marine jer o svim incidentima s brodovi-

ma koji su im povjereni na čuvanje dobiju pravovremeno upozorenje. Tijekom ljetovanja svako uplovljavanje i isplavlivanje iz marine bit će automatski registrirano što marini daje uvid u trenutačno stanje vezova i znatno olakšava upravljanje marinom. Našem nautičaru su na raspolaganju usluge poput udaljene prijave i odjave te pregled trenutačnoga zaduženja prema marini.

Osim podrške osnovnom poslovnom procesu gostima se nude i razne dodatne usluge dok su na vezu u marini. Primjer korisničke usluge u Internet *hot-spot* marini je brzi bežični pristup Internetu iz komfora vlastite brodice. Korisnici koji pristupaju Internetu preko Bluetooth bežičnoga sučelja postižu brzine u rasponu od ekvivalenta ISDN priključka (u slučaju 3 korisnika/pristupnoj točki) do ekvivalenta DSL linije (u slučaju 1 korisnik/pristupnoj točki), a to je opet od 2 do 6 puta brže od analognog modema preko javne telefonske mreže.

Internet *hot-spot* infrastruktura je platforma koja omogućava razvoj novih lokalnih usluga. Nove usluge se lako integriraju u poslovni proces marina i tako unaprjeđuju njihovo funkcioniranje i poslovanje. Primjeri usluga su IP telefonija, elektronička prodaja i slično.

Razvijena je mornarska aplikacija na PDA platformi za udaljenu prijavu uplovljavanja i isplavlivanja brodova iz marine, kao i promjene veza (Slika 7.).

Internet *hot-spot* infrastruktura s Bluetooth bežičnim korisničkim pristupom se može uklopiti u postojeći informatički sustav za podršku poslovanju marine ili, ako ga nema, može biti dobar temelj (sklopovski i programski) za informatizaciju marina.

#### 4. Univerzalni Bluetooth daljinski upravljač

Broj elektroničkih uređaja i pripadajućih daljinskih upravljača u prosječnom kućanstvu je u stalnom porastu. Daljinski upravljači su najčešće slični i nerijetko objedinjuju identične funkcije, što daljinsko upravljanje može učiniti prilično zahtjevnim. Odgovor elektro-



**Slika 7.** Mornarska aplikacija na PDA

ničke industrije bio je predstavljanje univerzalnog daljinskog upravljača. Postojanje različitih standarda za prijenos upravljačkih podataka, kao i veliki broj različitih setova funkcija za različite elektroničke uređaje čini projektiranje univerzalnog daljinskog upravljača ekstremno teškim. Olakšavajuća okolnost je što većina standarda koristi infracrvenu tehnologiju za prijenos upravljačkih signala. Uobičajeno je da daljinski upravljači dođu već podešeni za grupu uređaja ili su dostupni s funkcijom učenja, za što je potrebno posjedovati originalni daljinski upravljač. Sve to narušava početnu ideju o komfornom i jednostavnom univerzalnog daljinskog upravljaču.

Novi pristup uključuje primjenu programibilnih platformi, kao što su ručna računala ili napredni mobilni telefoni za projektiranje univerzalnog daljinskog upravljača s mogućnošću učitavanja, generiranja i prikaza raznih korisničkih sučelja. Primjenom Bluetooth bežične tehnologije prijenos konfiguracijskih informacija te dvosmjerna komunikacija između daljinskog upravljača i elektronskog uređaja postaje moguća i vrlo jednostavna.

#### 4.1. Bluetooth bežična tehnologija u aplikacijama daljinskoga upravljanja

Osnovna svojstva Bluetooth tehnologije, kao što su niska potrošnja energije, robusnost, niska cijena i globalna prisutnost čine Bluetooth prihvatljivom tehnologijom za razvoj aplikacija daljinskoga upravljanja.

Svaki uređaj opremljen Bluetooth tehnologijom može uspostaviti bežičnu vezu s maksimalno sedam uređaja na udaljenostima do 10 metara. Sljedeća bitna karakteristika za dizajn daljinskoga upravljača primjenom Bluetooth tehnologije bila je brzina uspostave veze. Sama Bluetooth veza uspostavlja se jednom za vrijeme upravljanja, a kod Bluetooth uređaja verzije

1.1 prosječno vrijeme uspostave veze iznosi manje od 1 sekunde (Slika 8.). Novije verzije Bluetooth standarda predviđaju kraće vrijeme uspostave veze. U vrijeme kada nema komunikacije između uređaja, Bluetooth daljinski upravljač prelazi u stanje niže potrošnje energije (*park*). Time se osigurava manja potrošnja energije kao i kvaliteta procesa upravljanja (minimalno vrijeme čekanja odziva).

Interoperabilnost između Bluetooth uređaja različitih proizvođača i primjena različitih korisničkih profila i scenarija moguća je primjenom uređaja koji su kompatibilni po Bluetooth SIG specifikaciji. Bluetooth profili važni za dizajn univerzalnoga Bluetooth daljinskog upravljača bili su:

- *Serial Port Profile* - oponaša komunikaciju serijskim sučeljem, a u Bluetooth daljinskog upravljaču služi za prijenos upravljačkih signala;
- *File Transfer Profile* – služi za prijenos dokumenata, a u Bluetooth daljinskog upravljaču služi za prijenos liste upravljačkih funkcija i to od elektroničkog uređaja do univerzalnoga Bluetooth daljinskoga upravljača.

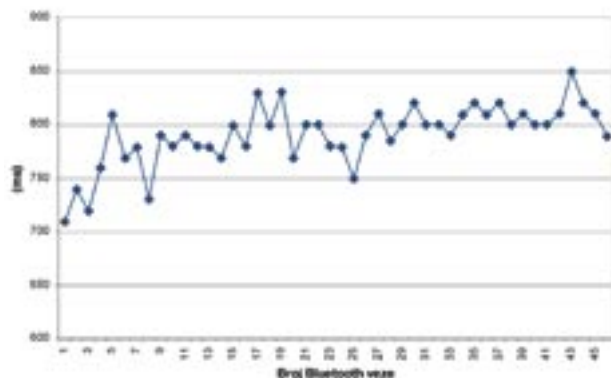
Bluetooth grupa za razvoj i promicanje Bluetooth bežične tehnologije usvojila je u svibnju 2003. godine Bluetooth profil zadužen za standardizaciju daljinskoga upravljanja audio i video uređajima (AVRCP – *Audio/Video Remote Control Profile*). Međutim, daljinsko upravljanje opisano ovim profilom namijenjeno je isključivo audio/video uređajima, što ideju univerzalnoga Bluetooth daljinskoga upravljača čini još uvijek zanimljivom.

#### 4.2. Dizajn univerzalnog Bluetooth daljinskog upravljača

Dizajn univerzalnog Bluetooth daljinskog upravljača uključivao je rad na tri osnovna dijela: na platformi za razvoj daljinskog upravljača, na aplikaciji daljinskog upravljača i na konfiguracijskom dokumentu.

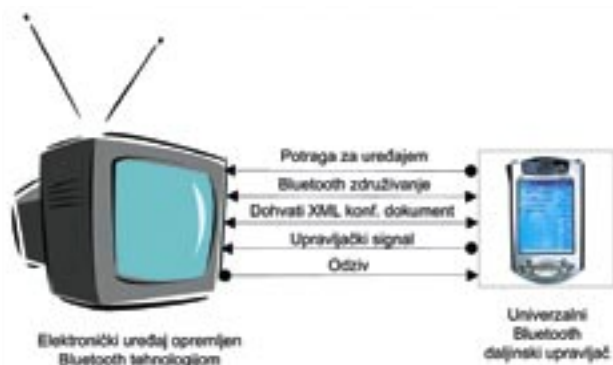
Rad s univerzalnim Bluetooth daljinskim upravljačem pretpostavlja postojanje konfiguracijskoga dokumenta na elektroničkom uređaju kojim želimo upravljati. Konfiguracijski dokument opisuje funkcije uređaja, odnosno, način upravljanja samim uređajem. Proces upravljanja univerzalnim Bluetooth daljinskim upravljačem započinje ostvarivanjem Bluetooth veze. Sljedeći korak je prijenos konfiguracijskoga dokumenta Bluetooth bežičnom vezom na daljinski upravljač upotrebom Bluetooth profila definiranog za prijenos dokumenata (*File Transfer Profile*). Tu proceduru je dovoljno obaviti samo jednom, tj., samo prilikom postupka podešavanja daljinskog upravljača za specifičan elektronički uređaj. U sljedećem koraku aplikacija daljinskog upravljača će učitati konfiguracijski dokument i na osnovu njega generirati grafičko sučelje za proces

Slika 8. Vrijeme uspostave Bluetooth serijske veze



upravljanja. Sada je moguće upravljati udaljenim uređajem upotrebom univerzalnoga Bluetooth daljinskog upravljača (Slika 9.). Bluetooth profil serijske veze (*Serial Port Profile*) uporabljen je za prijenos upravljačkih informacija.

**Slika 9. Koncept univerzalnog Bluetooth daljinskog upravljača**



#### 4.2.1 Razvojna platforma daljinskog upravljača

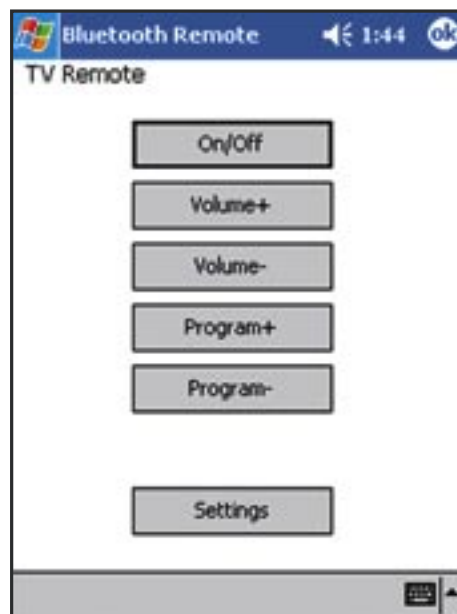
Za dizajn univerzalnog Bluetooth daljinskoga upravljača kao razvojna platforma odabrana su ručna računala s PocketPC operativnim sustavom. Tada tek u razvoju, a danas općeprihvaćeni, pametni telefoni temeljeni na Symbian operativnom sustavu predstavljaju idealno rješenje za univerzalni Bluetooth daljinski upravljač.

Osnovni zahtjevi postavljeni pred platformu za razvoj univerzalnog Bluetooth daljinskoga upravljača, osim podrške za Bluetooth tehnologiju, bili su kompaktan dizajn, veći zaslon pogodan za generiranje grafičkog sučelja i osjetljiv na dodir te mogućnost razvoja vlastitih aplikacija.

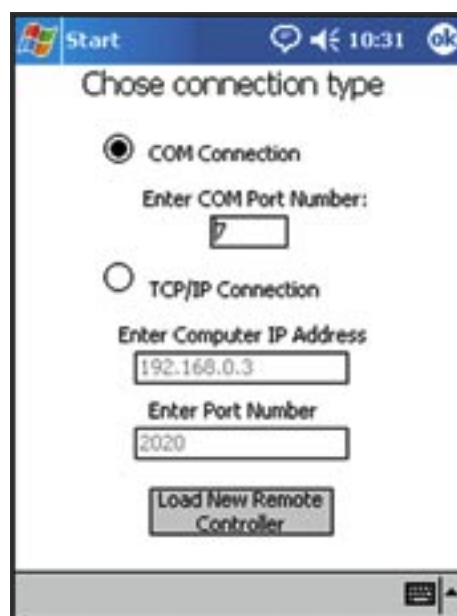
#### 4.2.2 Aplikacija daljinskog upravljača

Aplikacija daljinskog upravljanja predstavlja centralni dio univerzalnog Bluetooth daljinskog upravljača, a zadužena je za:

- Odabir konfiguracijskog dokumenta;
- Prijenos informacija serijskom vezom (Bluetooth profil serijske veze);
- Prijenos informacija TCP/IP (Bluetooth profil pristupa lokalnoj mreži);
- Kreiranje grafičkog sučelja na zaslonu daljinskog upravljača (Slika 10.);



**Slika 10. Primjer grafičkoga sučelja**



**Slika 11. Odabir načina prijenosa podataka**

- Odabir načina prijenosa upravljačkih informacija (Slika 11.);
- Daljinsko upravljanje, tj. prijenos informacija o željenoj akciji do udaljenog uređaja.

#### 4.2.3 Konfiguracijski dokument

Konfiguracijski dokument opisuje način upravljanja funkcijama elektroničkog uređaja kojim želimo upravljati (Slika 12.). Ideja je, koristiti formalnu sintaksu za



opis funkcija, pripadajućih protokola kao i tipa korisničkog sučelja (meni, gumb, klizač).

Kako bi sastavili konfiguracijski dokument korištena je XML (*Extensible Markup Language*) sintaksa. Još jedno pogodno rješenje bilo bi upotreba tehnologije za

```

<Remote_Controller Name="TV Remote"
  BTADDR="0050CD111113">
  <Button>
    <B_Name>On/Off</B_Name>
    <Data>0</Data>
  </Button>
  <Button>
    <B_Name>Volume+</B_Name>
    <Data>1</Data>
  </Button>
  <Button>
    <B_Name>Volume-</B_Name>
    <Data>2</Data>
  </Button>
  <Button>
    <B_Name>Program+</B_Name>
    <Data>3</Data>
  </Button>
  <Button>
    <B_Name>Program-</B_Name>
    <Data>4</Data>
  </Button>
</Remote_Controller>

```

Slika 12. Primjer konfiguracijskog dokumenta

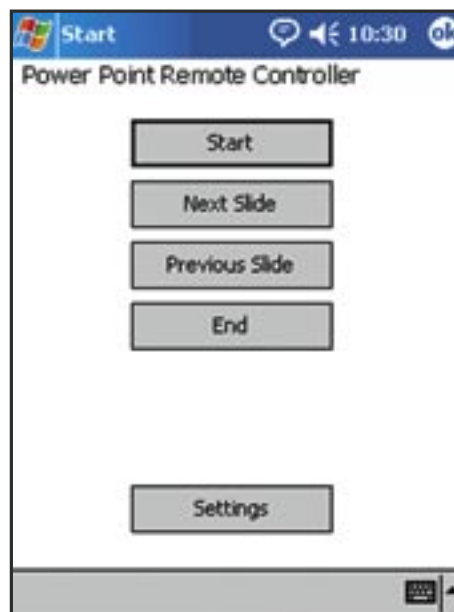
razmjenu osobnih podataka (PDI - Personal Data Interchange) ka što su vCard i vCalendar.

### 4.3. Prototip Bluetooth daljinskog upravljača

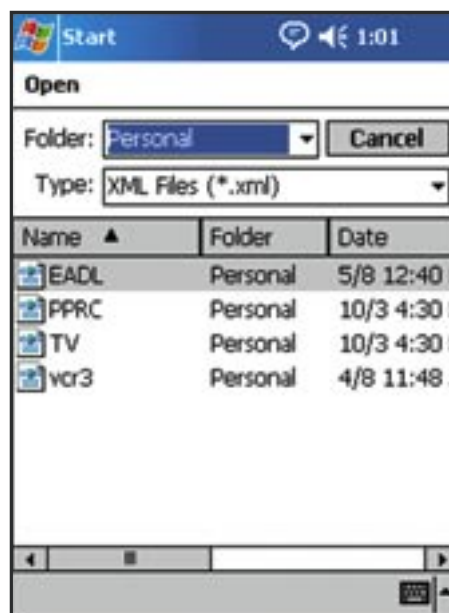
Prvi laboratorijski model univerzalnog Bluetooth daljinskog upravljača razvijen je s ciljem da omogući upravljanje MS Power Point aplikacijom na udaljenom računalu.

Za razvoj univerzalnog daljinskog upravljača uporabljeno je ručno računalo Compaq iPAQ 3970. Aplikacija daljinskog upravljača je razvijena uporabom razvojnog alata za Pocket PC 2002 operativni sustav (*Embedded Visual Tools*), Slike 13. i 14.

Udaljeno računalo bilo je opremljeno Toshiba Bluetooth PCMCIA računalnom karticom, a upravljačke informacije s daljinskog upravljača primljene putem Bluetooth serijske veze upravljale su *Power Point* aplikacijom.



Slika 13. Primjer izbornika aplikacije daljinskog upravljača



Slika 14. Odabir konfiguracijskog dokumenta / daljinskog upravljača

## 5. Elektronička pomoć u svakodnevnom životu

Broj električnih uređaja koji nas okružuju u modernim kućanstvima svakodnevno se povećava. To zagušenje raznim uređajima stvorilo je potrebu da se njima u sklopu cjelovitog, inteligentnog kućnog sustava što jednostavnije upravlja. Ponavljajuće poslo-

ve upravljanja mnoštvom uređaja moguće je olakšati automatizacijom i eventualnom integracijom sa sve rasprostranjenijim uređajima osobnog računalstva te umrežavanjem. Potrebe za automatizacijom posebno su izražene kod:

- Starije populacije i osoba s invaliditetom kojima treba pomoć u obavljanju svakodnevnih poslova u domaćinstvu;
- Ljudi koji žele ili moraju upravljati kućnim sustavima i dok su izvan kuće ili stana;
- Zaposlenih kojima je bitan svaki aspekt skraćivanja vremena potrebnog za obavljanje kućanskih poslova.

Kroz protekle godine razvijen je velik broj tehnologija za izgradnju sustava kućne automatike od mnoštva raznih električnih uređaja. Iako su neke od tih tehnologija prerasle u europske i svjetske standarde, još uvijek nijedna nema tržišnu dominaciju, što znači da postoji velik broj međusobno nekompatibilnih rješenja. Osim ove raznovrsnosti tehnologija, sam pojam kućne automatike je, s razvojem sveprisutnog umreženog računalstva, zastario i danas je on samo jedan dio šireg koncepta - inteligentnih kućnih sustava. To su sustavi koji povezuju kućne električne uređaje, računalne uređaje i razne pristupne mreže, čime se omogućuje realizacija raznovrsnih usluga: komunikacijskih, zabavnih, sigurnosnih i sl.

Opisani trendovi u razvoju kućnih sustava mogu se uočiti promatranjem trenutačne situacije na tržištu te razvoja u istraživačkim krugovima. Na tržištu postoje mnoga komercijalna rješenja koja pokrivaju samo određene segmente kućnog sustava, dok su istraživačke i standardizacijske aktivnosti usmjerene ka razvoju i standardiziranju cjelovitih rješenja. Krajem 90-ih je unutar Ericssona postojao inovacijski odjel koji se bavio ovim problemom, a u njihovu fokusu su bile rezidencijalne usluge utemeljene na standardiziranoj kućnoj platformi kojima upravljaju neovisni pružatelji. Taj je rad rezultirao pokretanjem OSGi (*Open Services Gateway initiative*) inicijative.

U skladu s trenutačnim istraživačkim smjerovima, unutar Istraživačkoga odjela Instituta za telekomunikacije razvijen je prototip kućnog sustava elektroničke pomoći u svakodnevnom životu (*EADL – Environmental Aids in Daily Living*) kojeg ćemo ovdje opisati. Realiziran je kao primjer integracije tehnologija iz spomenutih područja u cjelovit kućni sustav. U realizaciji sustava koristili smo X10 tehnologiju za kućnu automatiku, Bluetooth za bežično umrežavanje i ISDN telefoniju te širokopojasnu pristupnu mrežu za vezu s vanjskim svijetom. Ideje i znanje generirano u radu na projektu univerzalnog Bluetooth daljinskog upravljača utkani su i u projekt »Elektronička pomoć u svakodnevnom životu«, gdje se univerzalni Bluetooth daljinski upravljač rabi kao dio sustava za upravljanje kućnim elektroničkim uređajima.

## 5.1. Koncept i tehnologije inteligentnog doma

U našim je domovima uglavnom moguće prepoznati pet glavnih skupina električnih uređaja:

- Uređaji kućne automatike za upravljanje osvjetljenjem, električnim uređajima i klimatizacijom;
- Sigurnosni sustav – alarmi, senzori, video nadzor;
- Zabavna elektronika – audio i video oprema;
- Komunikacijski sustav – telefon i Internet;
- Podatkovna mreža – osobna, prijenosna i ručna računala.

U svakoj od navedenih skupina postoji i po nekoliko tehnologija koje su uglavnom međusobno nekompatibilne. U segmentu kućne automatike tako možemo izdvojiti X10, CeBUS i LonTalk (u Americi), te KNX (u Europi). Interoperabilnost uređaja zabavne elektronike nastoji se postići inicijativama, kao što je HAVi (*Home Audio/Video Interoperability*), dok se MHP (*Multimedia Home Platform*) specifikacijom nastoji definirati generičko sučelje između uređaja i interaktivnih aplikacija. Kod podatkovnog umrežavanja postoje tehnologije za realizaciju bežičnih osobnih mreža, kao što su Bluetooth i ZigBee, te lokalnih bežičnih mreža, kao što su razne varijante WLAN standarda (802.11a/b/g), HomeRF i HiperLAN. Žično umrežavanje je moguće u obliku klasičnih Ethernet mreža i UTP kabliranja te korištenjem kućne naponske (*HomePlug*) i telefonske mreže (*HomePNA*).

Dakle, segmente kućnog sustava možemo osim prema području primjene kategorizirati i na temelju komunikacijskog medija, tako da je danas uređaje iz pojedinih segmenata moguće umrežiti na sljedeća četiri načina:

- Naponskom mrežom – uglavnom se koristi za upravljanje uređajima kućne automatike, ali može se koristiti i za podatkovno umrežavanje;
- Telefonskom linijom – osim za kućnu telefonsku mrežu može se koristiti i za podatkovno umrežavanje;
- Bežičnom mrežom – koristi se za uspostavljanje osobnih i lokalnih ad hoc i infrastrukturnih mreža;
- Žičnom Ethernet mrežom – najbolje rješenje za podatkovno umrežavanje u novogradnji.

Budući da se međusobnim povezivanjem ovih skupina može ostvariti značajan porast funkcionalnosti, cilj inteligentnog kućnog sustava je povezivanje navedenih uređaja i tehnologija u integrirani sustav u kojem bi bilo moguće:

1. Razmjenjivati podatke i upravljačke informacije među svim segmentima sustava s ciljem realizacije inteligentnoga upravljanja kompletnim sustavom (npr., pokretanjem reprodukcije nekoga zabavnog sadržaja smanjuje se razina osvjetljenja, a dolazni se pozivi prebacuju na automatsko odgovaranje).

2. Upravljanje korištenjem jedinstvenoga sučelja, uz više mogućih načina interakcije (npr., vizualni i govorni).

Povezivanje svih segmenata kućnog sustava jest složen zadatak. Podatkovni sustavi imaju najbolje razvijene tehnologije umrežavanja te slojeviti komunikacijski model koji omogućuje razvoj proizvoljnih aplikacija. Ostali su sustavi uglavnom specijalizirani i ograničeni na vlastite aplikacijske domene, s posebno razrađenim komunikacijskim tehnologijama koje nemaju mogućnost interakcije s drugim sustavima. Ono što nedostaje jest zajednička i standardizirana komunikacijska infrastruktura koja bi rješavala komunikacijska pitanja, ostavljajući tako više resursa za razvoj samih aplikacija.

Standardi koji pokrivaju segmente kućnog sustava ograničeni su na pojedina područja primjene, dok je sveobuhvatnih standarda vrlo malo. Jedan od njih se razvija pod okriljem HES (*Home Electronic Systems*) zajedničke radne grupe ISO (*International Organization for Standardization*) i IEC (*International Electrotechnical Commission*) standardizacijskih organizacija. Cilj te radne grupe jest specificirati komponente arhitekture koja bi funkcionirala nad raznim segmentima kućnog sustava. Ta se arhitektura temelji na univerzalnom sučelju za povezivanje na različite kućne mreže, komandnom jeziku za komunikaciju među uređajima i povezniku između vanjskih i kućnih mreža. Cilj OSGi inicijative također je integracija kućnih i vanjskih mreža, ali s ciljem definiranja standardiziranog sustava namijenjenog pružanju usluga. Na taj bi način svi koji pružaju usluge kućnim korisnicima imali na raspolaganju standardnu platformu za pružanje i održavanje svojih usluga.

Možemo zaključiti da je osnovna prepreka u realizaciji inteligentnih kućnih sustava velik broj standardnih i/ili zatvorenih rješenja u svakoj poddomeni kućne elektronike. Jedan način rješavanja tog problema

raznolikosti jest apstrahiranje sklopovlja i uspostavljanje komunikacijskih prenosnika među tehnologijama, npr. u obliku rezidencijalnih poveznika (Slika 15.). Na tom se načelu zasniva i sustav kojeg ćemo ovdje opisati.

## 5.2. Integracija kao put prema cjelovitom sustavu

Prototip EADL sustava koncipiran je na integraciji pojedinih segmenata kućne elektronike, a realizacija je bila usmjerena prema bežičnoj mreži temeljenoj na Bluetooth tehnologiji i kućnoj automatici temeljenoj na komunikaciji X10 protokolom preko naponske mreže. Interakcija korisnika i sustava kombiniranog je tipa, tj. može se realizirati koristeći razne tipove korisničkog sučelja (grafičko, tekstualno, govorno i sl.).

### 5.2.1 Bluetooth bežično umrežavanje u kućnim sustavima

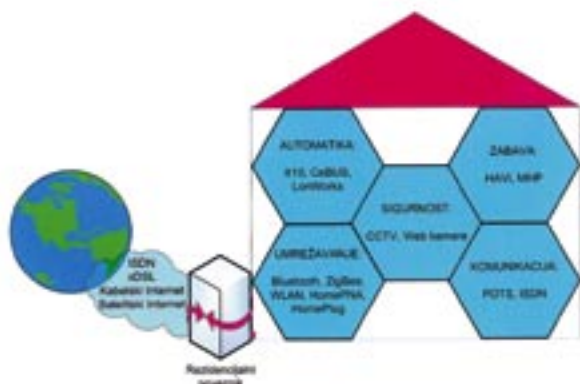
Među bitnim karakteristikama Bluetooth tehnologije jest i specificiranje načina na koji se koristi Bluetooth protokolni stog s ciljem ostvarivanja određenih profila upotrebe. Među Bluetooth profilima postoje i neki koji mogu biti korisni i u kućnim sustavima (daljinsko upravljanje, distribucija audio i video sadržaja). Međutim, zbog relativno niske propusnosti klasično audio/video povezivanje još je uvijek bolje rješenje, a profil daljinskoga upravljanja zahtijeva direktnu podržanost kod svih uređaja kućne elektronike, što trenutačno nije slučaj. Zbog navedenih nedorečenosti Bluetooth profila u kućnim sustavima, samo s tom tehnologijom nije bilo moguće realizirati kompletno rješenje, već je bila nužna integracija s mrežama drugih segmenata kućnoga sustava putem rezidencijalnog poveznika te razvoj novoga sustava daljinskog upravljanja.

### 5.2.2 X10 protokol za kućnu automatiku

Arhitektura koja se temelji na rezidencijalnom povezniku omogućuje integraciju svih segmenata kućnog sustava. U segmentu automatike odabrali smo X10 protokol zbog jednostavne izvedbe, niske cijene i dostupnosti, iako se prema istom načelu može realizirati integracija i bilo kojeg drugog protokola kućne automatike.

X10 je protokol (Slika 16.) za daljinsko upravljanje električnim uređajima. Pojavio se još u kasnim sedamdesetima, a razvila ga je škotska tvrtka Pico Electronics Ltd. i predstavila 1978. u SAD-u, koji se pokazao kao dobro tržište za tu tehnologiju.

X10 odašiljači i prijemnici komuniciraju preko standardne kućne električne instalacije. Uključuju se u utičnice, između mreže i uređaja, ili se ugrađuju u razvo-

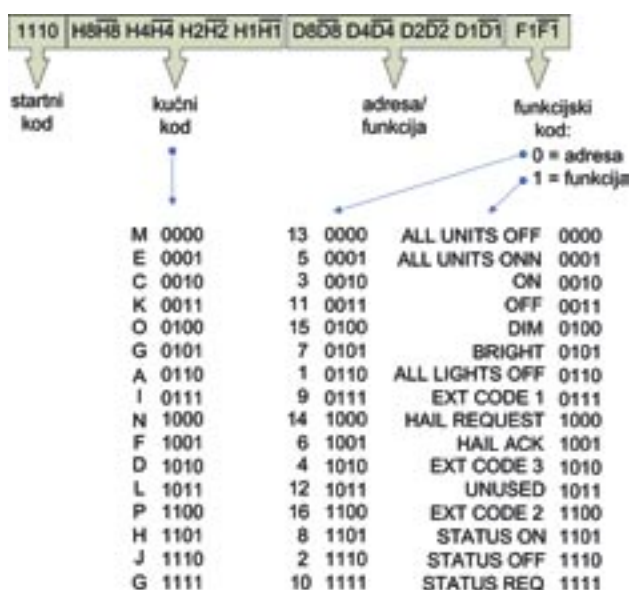


Slika 15. Integracija putem rezidencijalnog poveznika

dne kutije. Odašiljači šalju naredbe tipa “upali”, “ugaši”, “potamni”, kojima prethodi identifikacija (adresa) prijemnog uređaja.

X10 komunikacija se temelji na jednostavnim, jednodiovnim paketima, kojima prethodi predodređeni startni kod. Binarni podaci se prenose odašiljanjem 120 kHz praskova (snopova) pri prolasku 60Hz napona (50 Hz u Evropi) kroz nulu. Binarna jedinica je definirana kao prisutnost praska nakon koje praska nema. Binarna nula je definirana kao prolaz kroz nulu kod kojeg nema praska, nakon čega slijedi prolaz sa praskom. Startni kod je definiran kao sekvenca 1110. Četiri bita koja slijede nakon početnog koda predstavljaju,

Slika 16. X10 protokol



ovisno o posljednjem funkcijskom bitu, adresu uređaja ili naredbu. Uz svaki bit se prenosi i njegov komplement.

### 5.2.3 Kombinirano korisničko sučelje

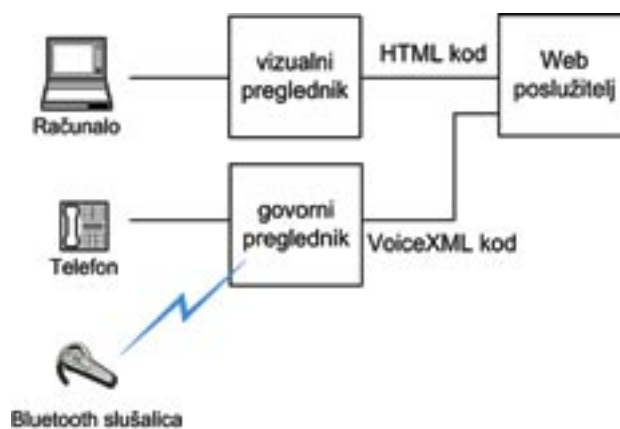
Tradicionalni koncept vizualnoga korisničkog sučelja, najprije tekstualnog, a potom i grafičkog, u velikoj se mjeri zadržao do danas. Razvoj tehnologija za prepoznavanje rukopisa i govora te za sintezu govora omogućio je nove načine komunikacije računalnog sustava i njegovih korisnika te pojavu kombiniranih korisničkih sučelja (*multimodal user interface*). Kombiniranost se može ostvariti na više razina, međusobno neovisnim načinima interakcije te isprepletenim i međusobno ovisnim načinima rada koji dijele zajednički kontekst.

Trenutačni trend u razvoju korisničkih sučelja za kućne sustave usmjeren je ka omogućavanju interakcije na više načina, prvenstveno u obliku kombinacije vizualnog i govornog sučelja. Sustav kojega ovdje opisujemo karakteriziran je osnovnom razinom kombiniranosti; omogućena je grafička i govorna interakcija, ali na međusobno neovisan način. Posebna mogućnost sustava je velik broj različitih uređaja koji se mogu koristiti za pojedine oblike interakcije, npr. ručno računalo, Bluetooth slušalica, Web preglednik i telefon.

Vizualna interakcija ostvaruje se putem aplikacije na ručnom računalu ili preko standardnoga vizualnog Web preglednika. Ručno računalo prima, putem Bluetooth veze, zapis o konfiguraciji sustava i uređaja dostupnih za upravljanje te na osnovi njega generira grafičko sučelje za upravljanje tim uređajima. Na isti se način generira sučelje u Web pregledniku, s time što se generiranje odvija lokalno, na povezniku te se dostavlja klijentskim uređajima putem HTTP protokola. Način ostvarivanja vizualne i govorne Web interakcije prikazan je na Slici 17., dok je vizualna interakcija putem aplikacije na ručnom računalu opisana u dijelu članka koji se odnosi na Bluetooth daljinski upravljač.

Govorna interakcija ostvarena je pomoću VoiceXML tehnologije. VoiceXML jezik zasnovan je na XML-u i predstavlja standard za aplikacije u Web okruženju za interaktivni govorni odziv (IVR – *Interactive Voice Response*). Postavljanjem u Web okruženje postiže se jednostavnost u izradi aplikacija i dobavljanja aplikacijskog sadržaja. Namijenjen je stvaranju audio dijaloga koje karakterizira sintetizirani govor, digitalni audio, prepoznavanje govora i DTMF tonova te pohrana

Slika 17. Kombinirana Web interakcija



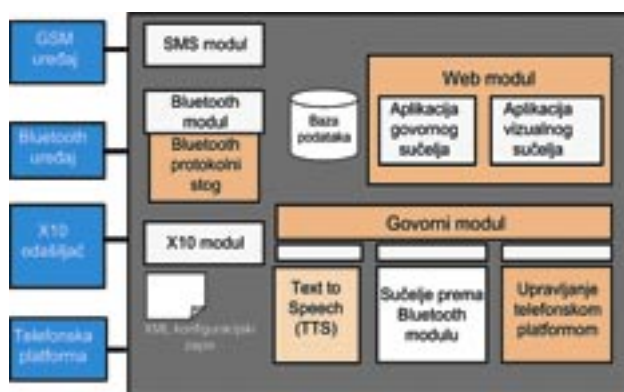
primljenog audio sadržaja. Aplikacijama izrađenim u VoiceXML jeziku pristupa se putem govornoga preglednika.



### 5.3. Arhitektura sustava

EADL sustav je izveden u obliku međusobno neovisnih modula, od kojih svaki zaokružuje složenost funkcionalne cjeline za koju je zadužen, a ostalim modulima nudi jednostavno sučelje za interakciju. Kombinacijom tih sučelja postižu se željene usluge kućnoga sustava. Arhitektura sustava prikazana je na Slici 18.

Slika 18. Arhitektura sustava



#### 5.3.1 Bluetooth modul

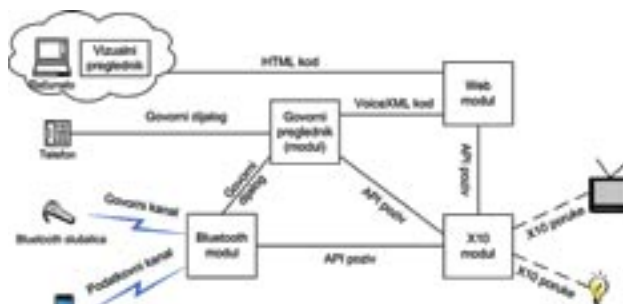
Kako bi se omogućila integracija Bluetooth mreže u EADL sustav izgrađen je Bluetooth programski modul koji, koristeći Bluetooth uređaj priključen na rezidencijalni poveznik, može upravljati komunikacijom prema ostalim uređajima u Bluetooth mreži. Tu smo mogućnost iskoristili za promociju svih Bluetooth uređaja s vizualnim i/ili audio sučeljem u univerzalne daljinske upravljače za upravljanje kućnim sustavom.

Kod uređaja s vizualnim sučeljem, kao što su ručna računala, Bluetooth vezu koristimo da bismo im prenijeli konfiguracijski zapis koji opisuje sustav automatike te da bismo od njih primali upravljačke naredbe. Upravljačka aplikacija se u tom slučaju izvršava na samom upravljačkom uređaju. Ona preuzima konfiguracijski zapis i prezentira upravljačko sučelje korisniku. Nakon što korisnik odabere radnju koju je potrebno izvršiti, aplikacija vraća upravljački signal Bluetooth modulu koji ga usmjeruje na X10 modul.

S Bluetooth uređajima koji imaju audio sučelje, kao što su slušalice, Bluetooth modul uspostavlja vezu koja služi kao medij za realizaciju govornog dijaloga između korisnika i govornog preglednika, tj. govornog modula. Govorni preglednik izvršava upravljačku aplikaciju u kojoj se korisniku u obliku hijerarhijskoga govornog izbornika daje mogućnost upravljanja sustavom, a korisnik povratnu informaciju šalje pritiskanjem tipke

na Bluetooth slušalici. Bluetooth modul ove pritiske predstavlja govornom modulu kao DTMF tonove, a

Slika 19. Interakcija među modulima



na osnovi njih aplikacija u govornom modulu generira upravljačke naredbe za X10 modul.

Opisana interakcija među modulima prikazana je na Slici 19.

#### 5.3.2 X10 modul

X10 modul je realiziran kao programska komponenta koja putem serijske veze upravlja radom X10 odašiljača, a time i cijele X10 mreže, na temelju zahtjeva koji, putem jednostavnog programskog sučelja, dolaze od klijentskih programskih modula. Klijentski su moduli u ovom slučaju Bluetooth, Web i govorni moduli, čijim posredstvom korisnik sustava upućuje zahtjeve za željenim funkcijama kućne automatike. Korisnik putem njemu prezentiranoga sučelja odabire radnje kao što su paljenje i gašenje svjetala i uređaja, a modul zadužen za to sučelje usmjeruje zahtjev prema X10 modulu.

U EADL sustavu mrežu kućne automatike opisujemo XML konfiguracijskim zapisom, u kojem se navode identifikatori i funkcije uređaja kojima se može upravljati. X10 modul na temelju konfiguracijskoga zapisa izgrađuje programske objekte, koji predstavljaju X10 uređaje te pruža mogućnost izvođenja funkcija nad tim objektima prevodeći zahtjeve koji dolaze od ostalih modula u X10 poruke.

#### 5.3.3 Govorni modul

Govorni modul služi kao govorno korisničko sučelje prema EADL kućnom sustavu. Realizirano je adaptacijom PublicVoiceXML govornog preglednika (otvoreni izvorni kod), koji podržava VoiceXML 2.0 standard. Osnovna namjena VoiceXML tehnologije jest omogućiti interakciju s Web aplikacijama korištenjem govornog

noga preglednika i telefona. Govorni preglednik jest program koji prihvaća telefonske pozive koji pristižu na telefonsku platformu i izvršava dijalošku aplikaciju tako da interpretira VoiceXML kod kojim je aplikacija izrađena i koji je smješten na Web poslužitelju/poslužiteljima.

Da bi govorni preglednik bio funkcionalan, osim upravljanja telefonskim uređajima i interpretiranja VoiceXML koda, on mora podržavati i pretvorbu teksta u govor te prepoznavanje govora i/ili DTMF tonova. Budući da je govorni modul zasnovan na PublicVoiceXML pregledniku, on još uvijek ne podržava prepoznavanje govora te je povratna informacija od korisnika trenutačno ograničena na DTMF tonove (stvarne, odnosno, simulirane kod upravljanja s Bluetooth slušalice).

PublicVoiceXML preglednik podržava ISDN telefoniju putem CommonISDN API programskog sučelja i sustav za sintezu govora za engleski jezik. Za potrebe EADL sustava, ovaj je preglednik adaptiran u pogledu sinteze govora i telefonske platforme. Kako bi bila postignuta sinteza govora za hrvatski jezik u govorni modul je ubačeno govorno sučelje razvijeno unutar IPSIS projekta Hrvatskoga saveza slijepih. Koncept telefonske platforme proširen je tako da sada obuhvaća i druge uređaje za govornu komunikaciju, kao što su Bluetooth slušalice, a implementiran je tako da je u platformski kod ubačeno sučelje prema Bluetooth modulu.

Koristeći telefon ili Bluetooth slušalicu, korisnik ostvaruje govornu interakciju sa sustavom, definiranu aplikacijama koje govorni modul dobavlja od Web modula. Tako su, npr., korisniku na raspolaganju aplikacija za upravljanje uređajima u sustavu te aplikacija za preslušavanje pristiglih SMS poruka.

### 5.3.4 Web modul

Namjena Web modula jest dinamičko generiranje definicija za korisničko sučelje, u ovisnosti o aktualnom stanju u sustavu. Npr., sučelje za aplikaciju upravljanja uređajima generira se dinamički na temelju aktualne objektne prezentacije tih uređaja, koja je Web modulu dostupna putem upita prema X10 modulu, a sučelje za preslušavanje primljenih SMS poruka se generira na temelju trenutačnoga stanja nepročitanih poruka. Osim što se generiraju dinamički, te su definicije dvojake forme, ovisno o pregledniku u kojem se oformljuje korisničko sučelje. Za prikaz u vizualnom pregledniku potrebna je definicija u HTML obliku, a za omogućavanje govornoga dijaloga u govornom pregledniku generira se VoiceXML kod.

### 5.3.5 SMS modul

SMS modul je zadužen za primanje SMS poruka koje pristižu na mobilni telefon, koji je također dio EADL sustava. Primljene poruke se pohranjuju u bazu podataka, odakle se mogu preslušati putem govornog preglednika s telefona ili Bluetooth slušalice. Ovaj je modul realiziran kao aplikacija koja putem serijske veze komunicira s mobilnim telefonom i dekodira primljene SMS poruke, a jednostavnom nadogradnjom moguće je postići i tekstualno upravljanje uređajima u EADL sustavu.

## 6. Zaključak

Bluetooth bežična tehnologija zbog svojih osnovnih karakteristika: malih dimenzija, niske potrošnje i cijene, može postati sveprisutna u malim elektroničkim uređajima kao što je danas infracrvena tehnologija. Zbog svojih specifičnosti Bluetooth bežična tehnologija nije izravan konkurent već postojećim i dobro usvojenim tehnologijama. Bluetooth je komplementaran mobilnim mrežama druge i treće generacije i WLAN mrežama. U širem kontekstu jedne mobilne veze možemo je promatrati kao zadnji bežični korak do korisnika. Bluetooth bežična tehnologija je i najpoznatiji predstavnik tehnologija za umrežavanje u sve popularnijim osobnim mrežama, *Personal Area Network* (PAN) i u tom području očekujemo njenu daljnju afirmaciju.

### Popis kratica

PDA	Personal Digital Assistant
Bluetooth SIG	Bluetooth Special Interest Group
PAN	Personal Area Network
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	Industrial-Scientific-Medicine
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
SCO	Synchronous Connection Oriented
ACL	Asynchronous Connectionless
FEC	Forward Error Correction
CRC	Cyclic Redundancy Check
ARQ	Automatic Retransmission Query
CVSD	Continuous Variable Slope Delta
LAN	Local Area Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
XDSL	Digital Subscriber Lines
ISDN	Integrated Services Digital Network
GSM	Global System for Mobile Communications
GPRS	General Packet Radio Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
AFH	Adaptive Frequency Hopping

EDR	Enhanced Data Rate
BER	Bit Error Rate
AVRCP	Audio/Video Remote Control Profile
PDI	Personal Data Interchange
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
EADL	Environmental Aids in Daily Living
ISDN	Integrated Services Digital Network
POTS	Plain Old Telephone Service
DSL	Digital Subscriber Line
CeBUS	Consumer Electronic Bus
LON	Local Operating Network
HAVi	Home Audio/Video Interoperability
MHP	Multimedia Home Platform
WLAN	Wireless Local Area Network
UTP	Unshielded Twisted Pair
HomePNA	Home Phoneline Networking Alliance
HES	Home Electronic Systems
OSGi	Open Services Gateway initiative
CCTV	Closed Circuit Television
IVR	Interactive Voice Response
HTML	HyperText Markup Language
XML	Extensible Markup Language
VoiceXML	Voice Extensible Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
DTMF	Dual-Tone Multifrequency
API	Application Programming Interface
SMS	Short Message Service

## Literatura

- [1] Specification of the Bluetooth System, Version 1.1, February 2001.
- [2] Specification of the Bluetooth System, Version 1.2, November 2003
- [3] Specification of the Bluetooth System, Version 2.0 + EDR, November 2004
- [4] Specification of the Bluetooth System, Audio/Video remote control profile, Version 1.0, May 22 2003
- [5] Jaap Haartsen: BLUETOOTH - The universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity, Ericsson Review No.3, 1998
- [6] Jennifer Bray and Charles F Sturman: "BLUETOOTH, Connect Without Cables", Prentice Hall, 2001
- [7] The official Bluetooth membership portal, <http://www.bluetooth.org>
- [8] Bill Rose: "Home networks: A standards perspective", IEEE Communications Magazine, no. 12, December 2001 pp. 78-85.
- [9] Dave Marples, Peter Kriens: "The Open Services Gateway initiative: An introductory overview",

IEEE Communications Magazine, no. 12, December 2001 pp. 110-114.

[10] Kenneth Wacks: "Home systems standards: Achievements and challenges", IEEE Communications Magazine, no. 4, Apr 2002 pp. 152-159.

[11] Voice Extensible Markup Language (VoiceXML) Version 2.0, W3C Recommendation 16 March 2004

## ADRESE AUTORA:

### Ante Restović

e-mail: ante.restovic@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Poljička cesta 39  
HR-21 000 Split  
Hrvatska

### Ivo Stojan

e-mail: ivo.stojan@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Poljička cesta 39  
HR-21 000 Split  
Hrvatska

### Ivica Čubić

e-mail: ivica.cubic@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Poljička cesta 39  
HR-21 000 Split  
Hrvatska

*Uredništvo je primilo rukopis 21. ožujka 2005.*