

Rezime:

U narednim godinama raznovrsni uredaji, od ćelijskih telefona i laptopova do personalnih digitalnih pomoćnih sredstava i kućnih aparata, biće u mogućnosti da komuniciraju i budu međusobno povezani korišćenjem nove visoko-brzinske, mikrotalasne, bežične, link tehnologije male snage nazvane Bluetooth. Sadržaj ovog rada čine pregled tehnologije, standardizacija i primena Bluetootha.

Ključne reči: Bluetooth, tehnologija, bežični prenos, mreža, PAN.

WIRELESS NETWORKING TECHNOLOGY BLUETOOTH

Summary:

In the years to come, variety of devices, from cell phones and laptops to personal digital assistants and household appliances, will be capable of communicating and interoperating with one another using a new high-speed, low-power microwave wireless link technology called Bluetooth. The overview of this technology, standardization and application of Bluetooth are the contents of this paper.

Key words: Bluetooth, technology, wireless transmission, network, PAN.

Uvod

Bežični servisi su reprezent napretka tehnologije i, verovatno, otvaraju novu eru u razvoju telekomunikacija. Međutim, ovi servisi su u upotrebi duže od jednog veka, i za njih se još upotrebljava sinonim „radio“. Pri korišćenju telekomunikacionih usluga susreće se sa ograničenjima koja potiču od žičanih mreža, tako da je od poslednje dekade prošlog veka došlo do porasta primene bežičnih komunikacija, što je privuklo pažnju poslovnih udruženja, proizvođača i stručnih

krugova. Upotreba bežične mreže tehnologije potvrdila je da ona može da podrži dobre osobine koje pružaju žičane mreže, uz pružanje dodatne povoljnosti slobode računarskog rada.

U ovom radu dat je pregled bežične mrežne tehnologije Bluetooth i njena standardizacija.

Bežične mreže

Osamdesetih godina prošlog veka FCC (Federal Communications Commission), propisala je standard za bežične

mreže 802.11 IEEE. Njegov cilj je bio da se standardizuje razvoj bežičnih mreža u ISM (Industrial, Scientific and Medicine) frekvencijskim opsezima. Ovi opsezi obuhvataju frekvencije od 902 do 928 MHz, 2400 do 2483,5 MHz i 5725 do 5850 MHz. Danas je najpopularniji standard 802.11b kojim se reguliše prenos od 11 Mbit/s podataka, pri čemu domet signala zavisi od prepreka, materijala i linije posmatranja.

Komponente bežične mreže uključuju bežičnu adaptersku karticu i primopredajnik, drugačije nazvan access point (AP). Mrežna adapterska kartica je umetnuta u kompjuterski PCMCIA slot. Centralno lociran AP emituje i prima signale ka i od kompjutera u okruženju, koristeći adapterske kartice. Adapter propušta signale između bežičnih kompjutera i žičane mreže koristeći različite signalne tehnike.

Signalne tehnike koje su standardne za bežične mreže su: infracrvena, laserska, uskopojasna mikrotalasna i proširenog spektra (spread spectrum).

Infracrvena (IrDA) tehnologija je vrlo brza bežična tehnologija, ali je i najmanje pouzdana jer njene signale može zaustaviti najmanja prepreka. Ova tehnologija koristi infracrveni snop svetlosti za prenos signala ili informacija između kompjutera, štampača, PDA (personal digital assistants) uređaja i drugih uređaja. Infracrvena tehnologija predaje signale velikim brzinama zahvaljujući svom velikom propusnom opsegu. Postoje četiri tipa infracrvene tehnologije i to su: line-of-sight, scatter, reflective i širokopojasni optički telepoint.

Laserska signalna tehnika je slična infracrvenoj signalnoj tehnici pri čemu je za nju potrebno obezbediti direktnu liniju

posmatranja između uređaja u vezi, i svaki objekat koji se nađe na putu linije posmatranja prekida laserski prenos i blokira transmisiju. Laserska tehnologija je znatno osetljivija na spoljne smetnje od infracrvene tehnologije.

Uskopojasna mikrotalasna tehnologija je slična radiodifuziji radio-stanice. Radiodifuzni domet je 5000 m², a signal ne može proći kroz čelik ili noseće zidove. Ova tehnologija koristi segmente radio spektra od 18,82 do 19,205 GHz i licencirana je od FCC.

Tehnika prenosa u proširenom spektru (PPS) postaje jedna od najefikasnijih i najpouzdanijih tehnika radio-prenosa. Od više tehnika prenosa u proširenom spektru najzastupljenije su tehnike direktne sekvence (DS) i frekvencijskog skakanja (FH).

Kod direktne sekvence nosilac se moduliše pseudoslučajnom (PN) sekvencom čija je brzina prenosa mnogo veća od brzine prenosa modulišućeg signala koji se prethodno digitalizuje i sabira sa PN sekvencom po modulu 2. Na ovaj način dobija se širi radio-spektar od radio-spektra potrebnog za prenos modulišućeg signala bez PPS. Ovaj odnos širina radio-spektra PN sekvence i širine radio-spektra modulišućeg signala naziva se procesno pojačanje.

Kod frekvencijskog skakanja nosilac se pomera za diskretan priraštaj frekvencije diktiran kodnom sekvencom. Kod uređaja posebne namene obično kodna sekvenca predstavlja poverljiv podatak, i mora da bude poznata na prijemnom mestu. Vreme zadržavanja na jednoj učestanosti može biti konstantno, ali može biti i promenljivo do pseudoslučajnog.

Bluetooth je danas dobro ustanovljen komunikacioni standard za bežične veze na kratkim rastojanjima. Bluetooth zamenjuje mnoge odgovarajuće kablove koji povezuju jedan uređaj sa drugim, pomoću univerzalnog radio-linka kratkog dometa. Bluetooth radio-tehnologija, takođe, obezbeđuje univerzalni most ka postojećim mrežama podataka, periferni interfejs i mehanizam za formiranje malih, privatnih ad hoc povezanih grupa uređaja, udaljenih od fiksnih mrežnih infrastrukture.

Perspektiva razvoja bežične tehnologije ogleda se kroz različite realne korisničke scenarije na svetskom nivou, što uslovljava primenu različitih tehnologija. Osnovni korisnički scenariji bežične konektivnosti su:

- Wireless Personal Area Networking (WPAN),
- Wireless Local Area Networking (WLAN),
- Wireless Wide Area Networking (WWAN).

WPAN predstavlja aplikaciju bežične tehnologije koja se odnosi na personalne korisničke scenarije. Naglasak je na trenutnoj konektivnosti između uređaja, pri čemu se upravlja personalnim podacima ili se olakšava razmena podataka između male grupe pojedinaca. Bluetooth je viđen kao nosilac prenosa podataka za PAN mreže.

WLAN mreža je bazirana na organizaciji konektivnosti drugačijoj nego što je to kod žičano baziranih LAN veza. Cilj WLAN tehnologije je da članovima radnih grupa obezbedi pristup poslovnim mrežnim resursima sa mogućnošću vršenja razmene ili raspodele podataka, apli-

kacija ili pošte, ali na takav način da to ne utiče na mobilnost korisnika.

Dok se WLAN odnosi na konektivnost unutar definisanog regiona, WWAN se odnosi na potrebu da se ostane u vezi krećući se i izvan tih granica regiona. Danas ćelijska tehnologija omogućava bežičnu konektivnost kompjutera bilo preko kablova do ćelijskog telefona ili preko PC Card ćelijskog modema.

Pregled Bluetooth tehnologije

Princip rada

Bluetooth je mikrotalasna bežična link tehnologija male snage i velikog informacionog protoka, projektovana da poveže telefone, laptopove, PDA uređaje i drugu portabl opremu zajedno, sa malim učešćem ili bez učešća korisnika. Za razliku od infracrvene tehnologije, Bluetooth ne zahteva optičku vidljivost za rad učesnika u vezi. Kod ove tehnologije primenjene su modificirane postojeće bežične LAN tehnike, ali je najzapaženija po malim gabaritima i niskoj ceni. Kola tekućeg prototipa smeštena su na pločicu površine 0,9 cm², pri čemu je u toku razvoj mnogo manje verzije realizovane u jednom čipu. Očekuje se da će cena uređaja vrlo brzo pasti sa početne od 20 USD na 5 USD u narednih par godina. Takođe, očekuje se da će se Bluetooth više koristiti u sastavu opreme nego kao pojedinačni uređaj.

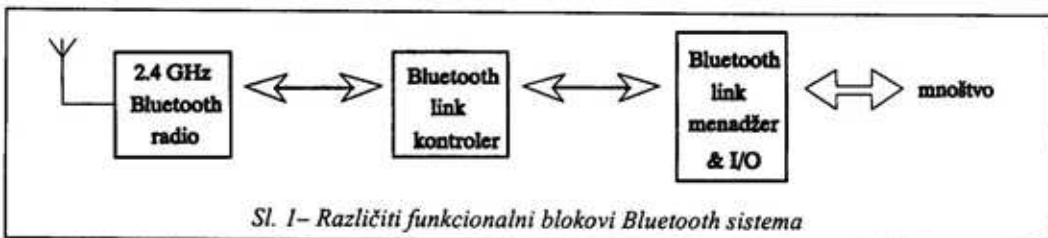
Ovu tehnologiju karakteriše vrlo fleksibilna mrežna topografija. Kada se Bluetooth proizvod nade u oblasti pokrivanja drugog proizvoda (rastojanja od 10 cm do 100 m) oni automatski razmenjuju adrese i karakteristične detalje. Zatim us-

postavljaju pouzdan 1Mb/s link (do 2Mbps u drugoj generaciji tehnologije) sa korekcijom greške, koji se koristi prema zahtevima. Protokoli podržavaju govor i podatke. Radio funkcioniše na opštedostupnom nelicenciranom radio-opsegu od 2,402 GHz do 2,480 GHz (sa mogućnošću da međunarodni putnici koriste Bluetooth opremu), i obezbeđuje brzinu podataka do 721 Kbps, kao i tri kanala za prenos govora. Ova tehnologija realizuje se umetanjem malih, jeftinih primopredajnika kratkog dometa u električne uređaje koji su danas dostupni. Bluetooth moduli mogu se ugrađivati u električnu opremu ili koristiti kao adaptori. Na primer, u PC-ju se može ugraditi u PC card ili spolja postaviti preko USB porta. Na slici 1 prikazani su različiti funkcionalni blokovi Bluetooth sistema.

Svaki uređaj ima jedinstvenu 48-bit adresu prema IEEE 802 standardu. Veze mogu biti point-to-point ili multipoint. Maksimalni domet iznosi 10 m, ali može biti proširen na 100 m uz povećanje snage. Bluetooth uređaji su zaštićeni od radio-interferencije zahvaljujući proizvoljnoj promeni frekvencije od maksimalno 1600 skokova u sekundi, zbog primenjene tehnike frekvencijskog skakanja. Oni, takođe, koriste tri različite šeme za korekciju greške. Obezbeđena je i ugrađena enkripcija i verifikacija. Bluetooth uređaji nemaju preciziranu potrošnju baterije tako da je potrošnja snage uređaja u

„hold“ režimu 30 μ A, da bi u aktivnom režimu iznosila 8 do 30 mA (ili manje od 1/10 W). Radio-čip troši samo 0,3 mA u standby režimu, što je za 3% manje od snage koju koristi standardni mobilni telefon. Čipovi, takođe, imaju odlične karakteristike čuvanja energije, tako da se uređaj automatski prebacuje u režim male potrošnje snage kada se obim saobraćaja smanji ili prestane. Bluetooth uređaji su klasifikovani u tri različite klase prema izlaznoj snazi. Klasu 1 karakteriše maksimalna predajna snaga od +20 dBm (100 mW), klasu 2 karakteriše maksimalna predajna snaga od +4 dBm (2,5 mW), a klasu 3 karakteriše maksimalna predajna snaga od 0 dBm (1 mW).

Pored toga što se upotrebom ovakvih uređaja zamenjuju kablovi, Bluetooth tehnologija obezbeđuje univerzalni most ka postojećim mrežama, periferni interfejs i mehanizam za stvaranje malih, privatnih ad hoc povezanih grupa uređaja udaljenih od fiksnih žičanih infrastruktura. Projektovana je da radi u šumnim radio-frekvencijskim sredinama, tako da Bluetooth radio koristi brzu potvrdu i frekvencijsko skakanje što link čini robustnim. Bluetooth radio-moduli izbegavaju interferenciju od drugih signala skačući na novu frekvenciju posle predaje ili prijema paketa. U poređenju sa drugim sistemima koji rade u istom frekvencijskom opsegu, Bluetooth radio tipično skače brže i koristi kraće pakete. Ovo ga



Sl. 1- Različiti funkcionalni blokovi Bluetooth sistema

čini robusnijim nego što su to drugi sistemi. Korišćenjem FEC (Forward Error Correction) ograničava se uticaj slučajnog šuma na linkovima kod velikih udaljenja. Kodiranje je optimizovano za nekoordinisan prostor.

Bluetooth garantuje sigurnost na bitskom nivou. Autentičnost kontroliše korisnik korišćenjem 128 bit-skog ključa. Radio-signalni mogu biti kodirani sa 8 bit-a ili sve drugo do 128 bit-a. Bluetooth radio-transmisija biće prilagođena sigurnosnim standardima koje zahtevaju države u kojima će se ta tehnologija koristiti, uvažavajući efekte koje radio-transmisija ima na ljudski organizam. Emisije od Bluetooth uređaja neće biti veće od emisija industrijski standardizovanih i bežičnih telefona. Bluetooth modul ne unosi interferenciju niti prouzrokuje štetu javnim ili privatnim telekomunikacionim mrežama.

Bluetooth protokol u osnovnom opsegu predstavlja kombinaciju komutacije kanala (CS) i paketske komutacije (PS). Paket nominalno pokriva jedan slot, sa mogućnošću proširenja pokrivanja do 5 slotova. Bluetooth može podržati asinhroni kanal podataka, zatim do tri simultana sinhrona kanala govora, ili kanal koji simultano podržava sinhroni podatak i sinhroni govor. Svaki kanal za prenos govora podržava 64 kb/s sinhroni link za prenos govora. Asinhroni kanal podržava asimetrični link od maksimalno 721 kb/s u oba pravca, obezbeđujući 57,6 kb/s u povratnom pravcu ili 432,6 kb/s simetrični link.

Interoperabilnost

Interoperabilnost je mogućnost softvera i hardvera velikog broja uređaja raz-

ličitih proizvođača da međusobno komuniciraju. Jedan od ciljeva Bluetooth SIG (Special Interest Group) je da se bežične veze učine lakim i jednostavnim za upotrebu. Da bi se obezbedila najbolja moguća usluga korisnicima Bluetooth uređaja, kao što je interoperativnost sa drugim Bluetooth uređajima, Bluetooth SIG je razvila logo program kojim se ozvaničava saglasnost sa objavljenim Bluetooth standardom kao i interoperabilnost sa drugim Bluetooth uređajima. Bluetooth uređaji koji uspešno zadovolje postavljene kriterijume stiču pravo da nose zvaničan Bluetooth logo. Postupak testiranja Bluetooth proizvoda kojim oni stiču ovo pravo je u opticaju od kraja 2000. godine. Po programu testiranja svaki Bluetooth uređaj treba da izvrši proveru da li su drugi Bluetooth uređaji testirani na interoperabilnost. Logo program je veoma iscrpan u svom delokrugu. On uključuje ne samo radio i protokolsku interoperabilnost, već i korisničke profile. Testiranje interoperabilnosti korisničkih profila mora se primenjivati na proizvodima koji su stekli logo, a logo program će specificirati korisničke profile koje će proizvod podržati. Nivo testiranja interoperabilnosti i kvalifikacija jedinstveni su za industriju, i treba da osiguraju zajednički rad aplikacijama čime se izlazi u susret očekivanjima korisnika.

Korisnički modeli

Bluetooth korisnički model zasniva se na zajedničkom povezivanju uređaja, a usredsreden je na tri kategorije i to: voice/data access point uređaje, periferijske veze i PAN mreže.

Voice/data access point uređaji predstavljaju jedan od ključnih inicijalnih korisničkih modela koji se odnosi na povezivanje kompjuterskog uređaja na komunikacioni uređaj preko sigurnog bežičnog linka, kao što je prikazano na slici 2. Na primer, mobilni kompjuter koji je opremljen sa Bluetooth tehnologijom može se povezati sa mobilnim telefonom koji koristi Bluetooth tehnologiju kako bi se povezao na Internet i imao pristup pošti (e-mail). Mobilni telefon ima funkciju personalne access point. Takođe, notes se može povezati na Internet dok se čelijski telefon nosi u koferčiću ili u novčaniku.

Periferijske veze, druga kategorija korisničkih modela, odnosi se na zajedničko povezivanje drugih uređaja, kao što je prikazano na slici 3. Standardne tastature, miševi i džojstici rade preko bežičnog linka. Bluetooth link se ugrađuje u mobilni kompjuter pa je cena perifernog uređaja manja, jer access point uređaj nije potreban.

Personal Area Networking (PAN) korisnički model, usmeren je na ad hoc formacije i slučaj kada su personalne mreže u prekidu. Na primer, kada se korisnik nalazi na aerodromu, njemu je



Sl. 3 – Periferijske veze

omogućena brza i sigurna razmena dokumenata uspostavljanjem privatne piconet. U budućnosti, Bluetooth „kiosci“ će obezbeđivati pristup elektronskim medijama, i moći će brzo da se rasterete za naredni pristup mobilnog uređaja.

Bluetooth radio-link

Bluetooth radio-link se odlikuje sledećim karakteristikama:

- Frekvencijsko skakanje u proširenom spektru:
 - 2,402 GHz+k MHz, k=0, ..., 78
 - 1,600 skokova u sekundi;
- GFSK modulacija:
 - 1 Mb/s symbol rate;
- predajna snaga:
 - 0 dBm (do 20 dBm sa upravljanjem snagom).

Bluetooth arhitektura

Bluetooth tehnologija je podeljena na dva standarda: core i profile specifikaciju. Core specifikacija govori o tome kako tehnologija radi, dok je profile specifikacija fokusirana na to kako izgraditi



Sl. 2 – Voice/data access point

interoperabilne uređaje korišćenjem core tehnologije. Core tehnologija je ilustrovan na slici 4, koja prikazuje i niže nivo Bluetooth arhitekture.



Sl. 4 – Bluetooth arhitektura

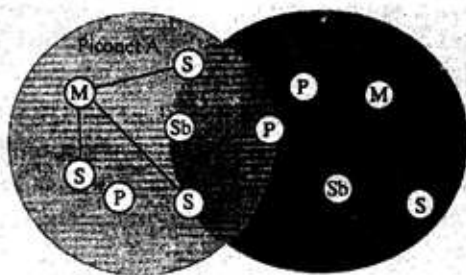
Radio frekvencijski nivo – Bluetooth radio-interfejs se bazira na nominalnoj predajnoj snazi od 0 dBm (1 mW) sa mogućnošću njenog rasta prema potrebama rada do 20 dBm (100 mW) širom sveta. Radio-interfejs odgovara pravilima ISM opsega većine zemalja do 20 dBm (Amerika, Evropa i Japan). Radio funkcioniše u proširenom spektru tehnikom frekvencijskog skakanja u ISM opsegu sa 79 skokova širine po 1 MHz, sa startnom frekvencijom od 2,402 GHz do frekvencije 2,480 GHz. Nominalni domet linka je od 10 cm do 10 m, ali se može proširiti na 100 m sa povećanjem predajne snage (koristeći opciju 20 dBm).

Bluetooth propusni opseg – Bazni radio je hibridni radio sa funkcionisanjem u proširenom spektru. Tipično, radio koristi frekvencijsko skakanje gde je 2,4 GHz ISM opseg razbijen u 79 kanala od 1 MHz kroz koje radio nasumice skače dok predajnik prima podatke.

Piconet se formira kada jedan Bluetooth radio stupi u vezu sa drugim Blue-

tooth radiom. Tada oba radija zajedno skaču kroz 79 kanala. Bluetooth radio-sistem podržava veliki broj piconet, omogućavajući svakoj piconet sopstveni set slučajno skakajućih grupa frekvencija. Povremeno piconets će se zaustaviti na istom kanalu. Kada se ovo dogodi radiji će skočiti u slobodan kanal i tada se vrši ponovni prenos (ukoliko ne dođe do gubitka podataka).

Mrežna topologija – Na slici 5 ilustrovan je tipična piconet sa kružicama (M, S, P ili Sb) koji predstavljaju Bluetooth radije. Oni se povezuju jedan sa drugim u piconets koje su formirane tako da se master radio simultano povezuje sa najviše sedam slave radija. Bluetooth radiji su simetrični tako da svaki od njih može postati master ili slave radio, a konfiguracija piconet je uslovljena trenutkom formiranja. Jedan uređaj može biti master u samo jednoj piconet.



Sl. 5 – Mrežna topologija

Konkurentne tehnologije

Pored Bluetooth tehnologije postoje i mnoge druge tehnologije kao što su IrDA, Home RF (SWAP), koje obezbeđuju slične ili povezane servise. Iskustvo je pokazalo da je međusobna saradnja među tehnologijama mnogo bolja od njihove konkurencije. Da bi Bluetooth i druge techno-

logije imale perspektivu na tržištu, one moraju koegzistirati i biti interoperabilne.

Bluetooth u odnosu na standard 802.11 – Danas, Bluetooth i 802.11 koriste različite radijske proizvode kao što su dve PC Card. Udaljenost između antena određuje nivo interferencije ili koegzistencije dva proizvoda unutar istog PC-ija. Bluetooth PC card i 802.11 PC card su utisnute u susedne PC card slotove, pri čemu antenska interferencija neće uticati na zajednički rad. Iako 802.11b i Bluetooth rade na 2,4 GHz ISM opsega, mogućnost delovanja interferencije je mala s obzirom da Bluetooth uređaji koriste frekvencijsko skakanje, a većina WLAN uređaja koristi direktnu sekvencu. Teoretskom studijom, koju je izvršio Ericsson a odnosi se na uticaj 802.11 mreže na Bluetooth radio, utvrđeno je da je maksimalna degradacija direktne propusne sposobnosti za scenario najgoreg slučaja 22%. Za razliku od 802.11, Bluetooth danas ne podržava roaming. Za WLAN se pokazalo da 802.11 tehnologija dobija prednost u komercijalnoj upotrebi. Veća propusna sposobnost, veći domet i druge karakteristike, pokazale su se pogodnijim za WLAN od Bluetooth tehnologije.

Bluetooth u odnosu na infracrvenu tehnologiju – Kao i infracrvena tehnologija, Bluetooth tehnologija je razvijena sa ciljem da bude široko implementarna tehnologija niske cene. Neki nivoi softvera koje koristi Infracrvena tehnologija, delovi su Bluetooth standarda. Za razliku od infracrvene tehnologije, koja za rad zahteva optičku vidljivost između uređaja, Bluetooth signal delimično može prolaziti kroz tanke prepreke (staklo, gipsani zidovi,...) koristeći radio-tehnologiju kao

svoj medijum. IrDA ima veću brzinu prenosa podataka. Za Bluetooth iznosi 1 Mb/s dok je za IrDA do 4 Mb/s. IrDA je prikladnija tehnologija za aplikacije kod kojih je značajniji propusni opseg od ograničenja IrDA-e kao što je zahtev za linijom posmatranja.

S obzirom na činjenicu da IrDA ima značajnu prednost u odnosu na Bluetooth u vremenu instaliranja baze, i dalje će se nastaviti sa integracijom IrDA tehnologije u notez računarima i drugim ručnim uređajima. Instalirana baza za Bluetooth raste, a time će i potrebe za IrDA tehnologijom opadati, što se ne očekuje za još nekoliko godina, tako da će i Bluetooth i IrDA tehnologija međusobno koegzistirati.

S obzirom da komunikacije sa IrDA zahtevaju liniju posmatranja između uređaja, mnogo je teže prislušivati IrDA vezu nego Bluetooth. Bluetooth SIG je naznačila sigurnost tehnologije uključivanjem propisa za autentičnost i enkripciju podataka zasnovanoj na ključu kriptografske tehnologije javan/privatan. Pri proceni sigurnosti svake tehnologije treba početi od procene specifičnog korisničkog modela i količine informacija koja se prenosi. Polazeći od ovakve procene IrDA može biti prihvatljivija tehnologija za neke aplikacije.

Bluetooth u odnosu na SWAP – Tekući SWAP ima veću instaliranu bazu u odnosu na Bluetooth, ali se očekuje da će Bluetooth u tome prevagnuti. Bluetooth je tehnologija za povezivanje uređaja bez kablova. Namera je da se obezbede veze kratkog dometa između mobilnih uređaja i na Internet, preko uređaja za premošćenje sa različitim mrežama (žičanim i bežičnim) koje pružaju Internet mogućnost. Home RF SWAP je bežična tehnologija

	Vršna brzina podataka	Domet	Relativna cena	Mrežna podrška govoru	Mrežna podrška podacima
IEEE 802.11	2 Mbps	50 m	srednja	preko IP	TCP / IP
IrDA	16 Mbps	< 2 m	niska	preko IP	preko PPP
Bluetooth	1 Mbps	< 10 m	srednja	preko IP i cellular	preko PPP
Home RF	1,6 Mbps	50 m	srednja	preko IP i PSTN	TCP/IP

optimizovana za kućnu sredinu. Njena osnovna upotreba je da obezbedi data networking i dial tones između uređaja kao što su PC-ijevi, cordless (bežični) telefoni, Web Tablets i broadband cable ili DSL modem. Obe tehnologije dele isti frekvenzijski spektar pri čemu ne dolazi do interferencije kada rade u istom prostoru.

Kratko poređenje između tehnologija prikazano je u tabeli.

Sigurnost

Bluetooth standardom predviđa se do 128-bitna sigurnost da bi se obezbedio prijem u zajedničkoj sredini. Standard, takođe, uključuje logo sertifikacioni program da bi se obezbedila kompatibilnost među svim različitim uređajima koji sadrže Bluetooth.

Bluetooth koristi 4 bazna ključa u sigurnosnom mehanizmu, i to su: 48-bitna fiksna javna adresa koja je jedinstvena za svaki uređaj, 128-bitni pseudoslučajni broj koji se generiše pri svakoj transakciji i dva tajna ključa. Jedan tajni ključ je 128-bitni privatni korisnički ključ za autentičnost, a drugi je privatni korisnički enkripcioni ključ koji može varirati od 8 bita do 128 bita. Enkripcioni ključ može varirati u svojoj dužini da bi se obezbedio eksport restrikcija. Pored ovih osnovnih ključeva, drugi ključevi se ge-

nerišu za svaki link, kako bi se osiguralo da drugi Bluetooth uređaji koji ne čine piconet ne mogu nehotično ili hotimično prisluškiivati Bluetooth vezu.

Bluetooth standard predviđa tri nivoa ili režima sigurnosti, i to su:

- Non-Secure – uređaj ne inicira ni jednu sigurnosnu proceduru. U ovom režimu svakome je dopušteno da priđe uređaju i da koristi njegove servise. Ovaj režim je predviđen da se koristi za rad kod javnih uređaja, kao što je to štampač;

- Service Level Enforced Security – U ovom režimu dozvoljava pristup uređaju zavisi od zahteva servisa. Na primer, dozvoljena je mogućnost prebacivanja fajlova u PC ali ne i pristup kalendaru ili telefonskom imeniku uređaja;

- Link Level Enforced Security – Ovo je režim najveće sigurnosti. On zahteva autentifikaciju i autorizaciju pre dobijanja dozvole za pristup bilo kom servisu koji obezbeđuje uređaj. Ovaj režim je predviđen za čelijske telefone koji se jedino mogu koristiti individualno ili od strane ograničenog broja pojedinaca.

Standardizacija Bluetooth tehnologije

Za razliku od mnogih drugih bežičnih standarda, Bluetooth bežični standard uključuje i definicije za linijske i aplikaci-

one nivoe, za proizvođače koji razvijaju proizvode i koji podržavaju data, voice i content – centric aplikacije. Bluetooth standard sadrži informacije koje su neophodne da različiti uređaji koji podržavaju Bluetooth bežičnu tehnologiju mogu komunicirati jedan sa drugim širom sveta. Dokument standarda podeljen je u dve sekcije: Core Specification i Profile Definitions. Core deo specificira komponente kao što su radio, osnovni opseg, link manager, service discovery protokol, prenosni nivo i interoperabilnost sa različitim komunikacionim protokolima. Profile deo specificira protokole i procedure potrebne za različite tipove Bluetooth aplikacija.

Bluetooth SIG (Special Interest Group) je industrijska grupa koju čine vodeći proizvođači telekomunikacione i kompjuterske opreme, kao što su 3-COM, Ericsson, Lucent, IBM, Intel, Microsoft, Nokia, Toshiba, i dr. Oni su pokretači razvoja ove tehnologije i njenog plasiranja na tržištu.

Postoji više verzija Bluetooth standarda, kao što su 1.0, 1.0A objavljeni juna 1999. godine, 1.1 objavljen krajem 2000. godine.

Tekući Bluetooth standard (verzija 1.0b) podržava sledeće profile:

- General Access – procedure koje se odnose na istraživanje / link menadžment & sigurnosne nivoe;

- Service Discovery – istraživanja servisa dostupnih u drugim Bluetooth uređajima;

- Cordless Telephony – mogućnost da ćelijski telefon radi kao bežični telefon kada se nalazi u blizini bazne stanice;

- Intercom – definiše intercom funkciju u ćelijskim / mobilnim telefonima koristeći Bluetooth kao radio-link;

- Serial Port – simulacija serijskih ulaza za aplikacije koje tradicionalno koriste žičani serial port i interfejs;

- Headset – definiše predaju / prijem govora i podataka preko Bluetooth linka;

- Dial-up Networking – primarno definisan kao link između ćelijskog telefona i kompjutera. Profil je definisan tako da kompjuter može inicirati data coll i primiti data coll u zavisnosti od postavke korisnika;

- Fax – ćelijski telefon ili modem mogu se koristiti kao faks interfejs za kompjuter za slanje i prijem faksova;

- LAN Access – uspostavljanje personalne mreže korišćenjem Point-to-Point Protocol-a (PPP);

- Generic Object Exchange (OBEX) – definiše procedure koje se koriste za transfer fajlova, object push i sinhronizacione profile;

- Object push – mogućnost da se postavi i izvuče poslovna kartica ili izvrši ugovaranje sastanaka;

- File Transfer – browse file system on, kreiranje ili brisanje fajlova sa aktivnim folderima, ili transfer fajlova od / ka drugom Bluetooth uređaju;

- Synhronization – razmena personalnih informacija, kao što su kalendar i telefonski imenik. Takođe, korišćenjem mobilnog telefona ili kompjutera, kada su u opsegu pokrivanja, automatski se startuje sinhronizacija.

Dok je standard 1.0 primarno fokusiran na scenarije zamene kablova, Bluetooth 2.0 standardom se teži da se pokrije mnogo više naprednih i korisnih korisničkih modela. Za podršku razvoju 2.0 standarda, Bluetooth SIG je formirala nove radne grupe da istraže niz novih ko-

risničkih modela iz čega će proizići formiranje novih profila 2,0 standarda. Bluetooth 2.0 SIG radne grupe uključuju:

- radio – istraživanja sa povećanim brzinama prenosa (do 2 Mbps+), poboljšana koegzistencija sa drugim 2,4 GHz radijima (posebna radna grupa) i poboljšanja funkcija osnovnog opsega;

- Personal Area Networking (PAN) – koncentracija je na opšte IP umrežavanje (uključujući sigurnost) u prostoru ad-hoc povezivanja;

- Human Interface Device (HID) – postojeća industrijska specifikacija za kompjuterske periferije, kao što su tastature, miševi, džojstici i dr., Bluetooth HID radna grupa razvije profil za korišćenje HID preko Bluetooth;

- Audio/Video – radna grupa za aplikacije istražuje visoke i multimedijalne mogućnosti koje bi se realizovale pomoću Bluetooth-a, kao što su movie/video čipovi, muzika preko bežičnih slušalica i video konferencija;

- Printer Profile – udružen sa bezgajtanskim kompjuterskim korisničkim modelom, Printing Work Group će raditi direct-to-printer scenarije korišćenjem peer-to-peer Bluetooth povezivanja (fokusirano na Universal Plug and Play i Solution tehnologije);

- Enhanced Service Discover Protocols – proširenje 1.0 standarda kojim se teži da se formalizuje Service Discovery Protocol sa profilima za mapiranje izabranih Service Discovery protokola za Bluetooth;

- Local Positioning – implementiranje Bluetooth-a kao sistema za određivanje blizine „lokalnih“ geografskih pro-

stora i davanje informacija o poziciji drugim aplikacijama;

- Still Image – komponenta Instant Post Card Usage Model, osnovni princip je bežičan prenos foto slika sa digitalne kamere na mnoge druge uređaje koji imaju Bluetooth.

Zaključak

Za razliku od WLAN mreža, koje su projektovane da efikasno povežu velike grupe ljudi preko zajedničke magistralne sistema, Bluetooth tehnologija je projektovana da poveže mobilne uređaje preko personalnih privatnih veza, odnosno da zameni kablove koje nose mnogi mobilni korisnici.

Bluetooth tehnologija pokušava da konkuriše mogućnostima koje pružaju kablovi u domenima cene, sigurnosti i drugih mogućnosti koje se pružaju mobilnim korisnicima. S obzirom da je to tehnologija u razvoju, ona treba da bude sigurna isto kao i kablovi (da podržava application/link-layer autorizacije, autentičnosti i enkripcije); da bude proizvedena po gotovo istoj ceni kao i kablovi (projektovana kao jedan CMOS radio-čip, obezbeđujući na duži period cenu od 5 USD i end-point radio); da može da se poveže sa raznim uređajima koji su dostupni mobilnom korisniku (sedam simultanih veza) i podrži brzine prenosa podataka koje su saglasne sa potrebama mobilnih korisnika (1 Mega symbol per second po piconet); da podrži mnoge simultane i privatne mreže (stotine privatnih piconet koje su unutar dometa jedna druge); da podrži tipove podataka koje koriste mobilni korisnici (govor i poda-

tak); i da bude vrlo male potrošnje snage i kompaktna da bi podržala male portabl uređaje u koje će tehnologija biti integrisana. Na kraju, tehnologija treba da bude globalna tako da korisnici mobilnih uređaja u toku putovanja mogu raditi sa uređajima na koje nailaze u drugim delovima sveta.

Bluetooth je tehnologija u ekspanziji. Postoje planovi za dodavanje mnogo

novih aplikacionih profila i sa jakim SIG iza Bluetooth-a standardizacija aplikacionih profila biće u budućnosti sasvim obezbedena.

Literatura:

- [1] www.wireless-networking-technology.com, novembar 2002.
- [2] www.bluetooth.com, novembar 2002.
- [3] www.bluetooth.com, novembar 2002.
- [4] Rejman E.: Bluetooth Puts Bite On Mobile Communications, Microwave journal, july 2000.