

Interfețe wireless :  
**BLUETOOTH**

Mănăilă George

**grupa 422A**

## Cuprins:

1. Introducere .....	3
1.1 Scurt Istoric .....	3
1.2 Descriere .....	3
1.3 Clase de emisie Bluetooth.....	4
1.4 Standardele Bluetooth .....	4
1.5 Arhitectura Bluetooth .....	6
2. Aplicații și utilizare Bluetooth .....	7
2.1 Stiva de protocoale .....	7
2.2 Modelul de referință OSI .....	9
2.3 Stratul Fizic.....	9
2.4 Legăturile vocale și de date.....	10
2.5 Etapele stabilirii unei conexiuni .....	10
3. Stiva de Protocoale Bluetooth .....	11
3.1 Protocoalele Nucleului Bluetooth.....	11
3.1.1 Baseband (BB) .....	11
3.1.2 Link Manager Protocol (LMP).....	12
3.1.3 Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP) .....	12
3.1.4 Service Discovery Protocol (SDP) .....	13
3.2 Protocoale de Înlocuire a Cablurilor și de Control Telefonic .....	13
3.2.1 REFCOMM .....	13
3.2.2 TCS BIN : Telephony Control Protocol-Binary .....	13
3.3 Protocoale Adoptate .....	13
4. Alternative la Bluetooth.....	14
5. Concluzii .....	14
5.1 Beneficiile Bluetooth-ului .....	14
5.2 Dezavantaje.....	14
6. Referințe .....	15

## 1. Introducere

### 1.1 Scurt Istoric

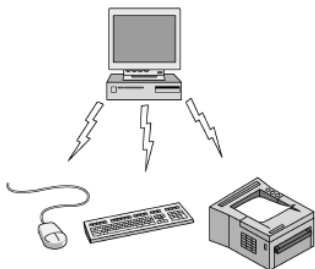
Tehnologia *Bluetooth* reprezintă un set de specificații bazate pe undele radio, pentru o rețea wireless personală, PAN (*Personal Area Network*). Documentația acestui standard a fost creată în anul 1994 de către Jaap Haartsen și Sven Mattisso, angajați ai diviziei Mobile Platforms din cadrul companiei Ericsson.

Astfel, standardul dezvoltat de aceștia se bazează pe tehnologia de transmisie cu salt în frecvență și spectru distribuit, FHSS (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*). Specificațiile platformei *Bluetooth* au fost formalizate de către Bluetooth Special Interest Group (SIG). Această organizație a fost fondată în data de 20 mai 1998 de către Ericsson, IBM, Intel, Toshiba, Sony Ericsson și Nokia, urmând ca de-a lungul timpului peste 7000 de companii să adere la acest grup.

### 1.2 Descriere

Tehnologia Bluetooth creează o cale prin care se poate face schimb de informații între aparate precum telefoane mobile, laptopuri, calculatoare personale, imprimante, camere digitale și console video, printr-o frecvență radio sigură și de rază mică.

În cea mai simplă formă, rețelele de interconectare în sistem folosesc paradigma stăpân-sclav (master-slave) din figură. Unitatea centrală a sistemului este în mod normal stăpânul, care discută cu perifericele ca sclavi. Stăpânul le comunica sclavilor ce adrese să folosească, când pot să difuzeze mesaje, cât timp pot să transmită, ce frecvențe pot să folosească și așa mai departe.



Configurație Bluetooth

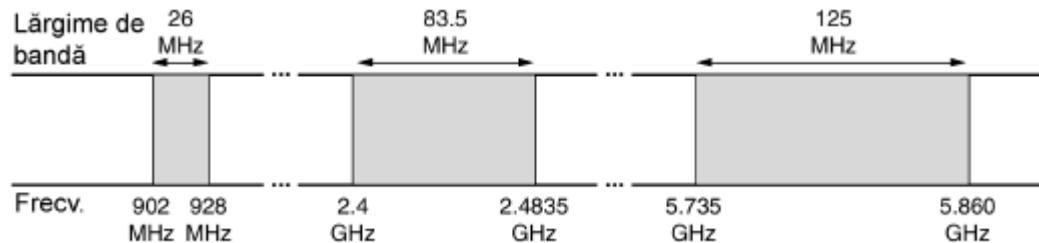
### 1.3 Clase de emisie Bluetooth

Aparatele Bluetooth comunica între ele atunci când acestea se afla în aceeași rază de acțiune. Ele folosesc un sistem de comunicații radio, astfel încât nu este nevoie să fie aliniată față în față pentru a transmite, putând fi plasate chiar în camere diferite dacă transmisia este suficient de puternică.

Clasele de emisie *Bluetooth*

Clasa	Puterea maximă permisă (mW)	Puterea maximă permisă (dBm)	Raza aproximativă (m)
Clasa 1	100	20	~ 100
Clasa 2	2,5	4	~ 10
Clasa 3	1	0	~ 1

Protocolul bluetooth funcționează în banda de frecvență 2,4 – 2,4835 Ghz. Pentru a preveni interferențele cu alte dispozitive care operează în banda de 2,45 Ghz, protocolul bluetooth împarte banda în 79 de canale (fiecare cu o lățime de bandă de 1 Mhz) și schimbă permanent canalele de 1600 de ori pe secundă.



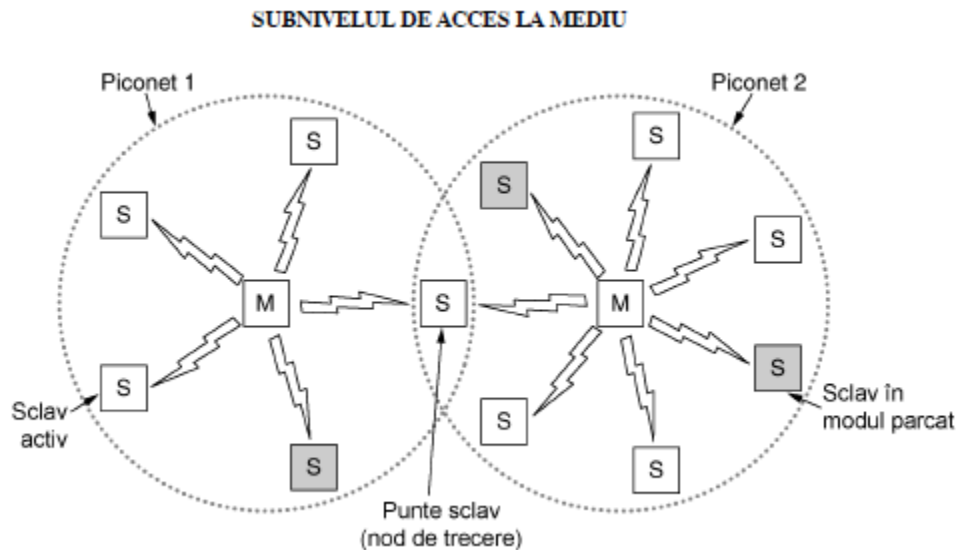
### 1.4 Standardele Bluetooth

Implementările Bluetooth din versiunile 1.1 și 1.2 funcționează la viteza de 723,1 kb/s, iar versiunea 2.0 folosește modulul EDR (Enhanced Data Rate), pentru a atinge o viteză de 2,1 Mb/s. Din punct de vedere tehnic, versiunea 2.0 are un consum de energie mai ridicat, însă la o viteză de transfer de peste 3 ori mai mare, astfel în mod practic este redus consumul de energie față de variantele anterioare cu peste 50%.

- Bluetooth 1.1 și 1.0B; aceste versiuni au avut multe probleme, care au făcut producătorii să întâmpine dificultăți în a face produsele funcționale.
- Bluetooth 1.1; multe din erorile manifestate la versiunea anterioară au fost reparate în această versiune. De asemenea, această versiune oferă suport pentru canale necriptate și avea adăugat un indicator al puterii semnalului de transmisie.
- Bluetooth 1.2. Această versiune este compatibilă cu 1.1, iar principalele îmbunătățiri sunt:
  - viteză mai mare de descoperire și de conectare la alte dispozitive;
  - viteză practică de transfer îmbunătățită (deși maximul teoretic rămâne 721 kb/s);
  - îmbunătățirea rezistenței la interferență cu alte dispozitive radio, prin implementarea mecanismului AFHSS (Adaptive Frequency-Hopping Spread Spectrum).
- Bluetooth 2.0. Este compatibil cu versiunile precedente 1.\*, iar principala îmbunătățire este introducerea modulului EDR (Enhanced Data Rate), care permite o viteză de 3 Mb/s. Trecerea la versiunea 2.0 a vizat următoarele optimizări:
  - viteză de transmisie de 3ori mai mare;
  - consum de energie mai mic;
  - rată a erorilor de transmisie, BER (Bit Error Ratio), mai mică.
- Bluetooth 3.0 a fost adoptată de către Bluetooth SIG în data de 21 aprilie 2009. Această versiune îmbunătățește viteza de transfer teoretică până la 24 de Mb/s. Saltul vitezei a fost posibil datorită introducerii unei legături 802.11. Vitezele îmbunătățite nu pot fi prezente și în cadrul unui standard mai vechi datorită lipsei legăturii 802.11 în dispozitivele de generație mai veche.
- Bluetooth 4.0 este cea mai performantă versiune, ea aduce multe noutăți care fac viața mai ușoară oamenilor prin simpla apăsare a butonului “Închide/Deschide Bluetooth”, pentru partajarea fotografiilor și aplicațiilor cu cei dragi.

## 1.5 Arhitectura Bluetooth

Un dispozitiv Bluetooth de tip master poate comunica simultan cu alte maximum 7 dispozitive. Acest grup de 8 dispozitive se numește rețea de tip *piconet*. Astfel, piconetul poate fi definit ca o rețea de tip ad-hoc, care folosește protocoalele bluetooth pentru a permite unui dispozitiv master să interconecteze cu alte 7 dispozitive active. Pe lângă acestea, pot exista până la un număr de maximum 255 de dispozitive inactive, pe care dispozitivul master le poate activa în orice moment.



La un moment dat dispozitivul master nu poate comunica decât cu un singur alt echipament. Pentru a combate acest aspect negativ, dispozitivele își pot schimba rolul în cadrul piconetului în orice moment și astfel orice dispozitiv slave poate deveni master și viceversa. Mai mult decât atât, specificațiile standardului *Bluetooth* permit interconectarea a două sau mai multe piconeturi pentru a forma un *scatternet*. Astfel unele echipamente vor avea rolul de slave iar altele de master în piconeturi diferite. Lucrul acesta poate fi util prin simplul fapt că se pot interconecta simultan mai mult de 8 dispozitive active.

## 2. Aplicații și utilizare Bluetooth

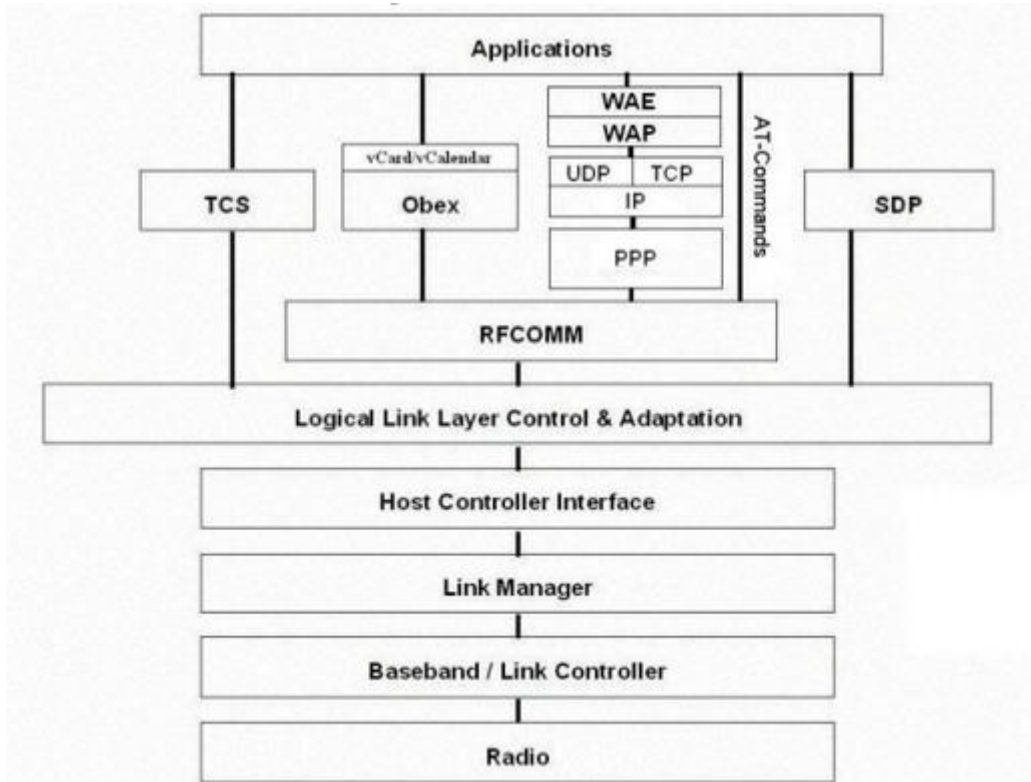
Majoritatea protocoalelor de rețea oferă doar canale între entitățile comunicante și lasă designerii de aplicații să decidă în ce mod vor să le folosească. Spre exemplu, 802.11 nu specifică dacă utilizatorii ar trebui să folosească notebook-urile personale pentru a-și citi emailul, pentru a naviga pe internet, sau orice altceva. Spre deosebire de acestea, specificația Bluetooth 1.1 definește 13 aplicații specifice care sunt suportate și oferă stive diferite de protocoale pentru fiecare dintre ele, din păcate, această abordare este destul de complexă. Cele 13 aplicații, denumite **profiluri**, sunt enumerate mai jos.

Denumire	Descriere
Acces generic	Proceduri pentru întreținerea legăturii
Descoperire de servicii	Protocol de descoperire a serviciilor oferite
Port serial	Inlocuitor pentru cablul de port serial
Interschimbare generică a obiectelor	Definește relația client-server pentru vehicularea de obiecte
Acces la rețeaua locală	Protocol între un calculator mobil și o rețea fixă
Rețea pe linie telefonică	Oferă posibilitatea ca un notebook să se apeleze folosind un telefon mobil
Fax	Permite unui fax mobil să comunice cu un telefon mobil
Telefonie fără fir	Conectează un set de căști de stația sa locală de emisie
Emitator-Receptor portabil (Intercom)	Radio-telefon portabil digital
Căști de telefon cu transmițător	Permite transmisii de voce hands-free (fără folosirea mâinilor)
Trimitere a obiectelor	Oferă o modalitate de schimbare a obiectelor simple
Transfer de fișiere	Oferă o facilitare mai generală de transfer de fișiere
Sincronizare	Oferă posibilitatea unui PDA să se sincronizeze cu un calculator

Profilul de acces generic nu este o aplicație în sine, ci este mai degrabă o bază pe care se pot construi aplicațiile reale. Principala sa atribuție este să ofere posibilitatea de a crea și a menține conexiuni (canale) sigure între stăpân și sclav. Profilul de descoperire a serviciilor este relativ generic. El este folosit de dispozitive pentru a descoperi ce servicii sunt oferite de către alte stații din rețea. Toate dispozitivele Bluetooth trebuie să implementeze aceste două profiluri. Celelalte rămân opționale.

### 2.1 Stiva de protocoale

Standardul Bluetooth conține mai multe protocoale grupate în niveluri ale caror structură nu respecta modelul OSI, TCP/IP, modelul 802, sau oricare altul. Se dorește să se modifice structura acestuia astfel încât să se apropie de modelul 802.



Stiva de protocoale este definită ca o serie de straturi, deși unele caracteristici nu pot fi delimitate ca aparținând unui anumit strat.

TCS (*Telephony Control Protocol Specification*) oferă servicii telefonice.

SDP (*Service Discovery Protocol*) lasă dispozitivele bluetooth să descopere ce servicii suportă celelalte dispozitive.

RFComm oferă o interfață serială asemănătoare cu RS232.

L2CAP (*Logical Link Layer Control & Adaptation*) multiplexează date de la structurile superioare și convertește dimensiunile pachetelor informaționale, după necesități.

HCI (*Host Controller Interface*) manipulează comunicațiile între modulul bluetooth și aplicația gazdă.

LM (*Link Manager*) controlează și configurează legăturile cu alte dispozitive.



BB/LC (*Baseband/Link Controller*) controlează legăturile fizice prin radio, asamblază pachetele și controlează salturile în frecvență.

Stratul Radio modulează și demodulează datele pentru transmisia și recepția aeriană.

## 2.2 Modelul de referință OSI



Se observa ca modelul Bluetooth arată familiar modelului de referință OSI, deși corelația nu este exactă s-a încercat realizarea unei corespondențe între aceste doua modele.

## 2.3 Stratul Fizic

Banda de operare este 2.4 Ghz fără a fi necesară licențiere de operare. Această banda fiind destinată aplicațiilor industriale, științifice și medicale.

Banda operată este divizată în canale spațiale la 1Mhz, fiecare semnalând date la 1 Megasimbol/s pentru a se obține lățimea de banda a canalului maximă. Se folosește modulație GFSK ceea ce echivalează 1Mb/s. Utilizând GFSK, un 1 binar determina un salt pozitiv de la frecvența purtătoare nominală, pe când un 0 binar determina un salt negativ în frecvență. După fiecare pachet, ambele dispozitive reacordează unda radio pe alte frecvențe, efectiv sărind de la un canal radio la altul (*FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum*). În acest fel dispozitivele bluetooth utilizează întreaga bandă disponibilă și dacă o transmisie este compromisă de interferențe pe un canal, retransmisia se va face întotdeauna pe un alt canal. Fiecare

fantă (*time slot*) durează 635ms și de obicei dispozitivele utilizează un salt pe pachet, adică la fiecare slot, la fiecare 3 slot-uri sau la fiecare 5 slot-uri.

## 2.4 Legaturile vocale și de date

Bluetooth permite atât comunicații de date critice în timp, precum cele vocale și audio, cât și comunicații de înaltă viteză, de pachete de date, insensibile la factorul timp. Pentru a transporta astfel de date, între orice doua dispozitive se pot stabili doua tipuri de legaturi și anume, legaturi **SCO** (*Synchronous Connection Oriented*) pentru comunicații vocale și legaturi **ACL** (*Asynchronous Connectionless*) pentru comunicații de date.

Pachetele de date pentru legaturi ACL sunt constituite dintr-un cod de acces de 72 de biți, un pachet antet (*header*) de 54 de biți și un cod CRC, în adăuga încărcăturii informaționale utile (*payload data*).

Legaturile SCO lucrează la 64kb/s și este posibilă coexistența a trei legături vocale duplex simultane sau cimbinarea transmisiei vocale cu una de date. Aceste canale vocale redau o comunicație de o calitate ce se așteaptă și de la sistemele moderne de telefonie mobilă, precum GSM-ul. În fapt, legăturile SCO nu prea sunt potrivite pentru transferuri audio de calitate semnalului muzical. O alternativa pentru transmisii muzicale este utilizarea unui canal ACL. Deoarece calitatea semnalului audio brut este de 1411.2 kb/s, iar comprimat în format MP3 necesita o rată de bit de aproximativ 128kb/s, se poate transmite semna audio de calitate apropiată de cea a unui CD, menținându-se succesiunea temporală a informației

## 2.5 Etapele stabilirii unei conexiuni

- Căutare de dispozitive.
- Conectare la un dispozitiv.
- Stabilirea parametrilor legăturii.
- Descoperirea serviciilor pe care le oferă fiecare.
- Canalul L2CAP.
- Canalul RFCOMM.
- Securitate.
- PPP/TCP/IP.

### 3. Stiva de Protocoale Bluetooth

Stiva de protocoale utilizate de Bluetooth este structurată pe patru nivele, după cum se prezintă mai jos:

Stiva de protocoale Bluetooth	
Nivel	Protocol
Protocoalele Nucleului Bluetooth	➤ <i>Baseband</i>
	➤ <i>Link Management Protocol (LMP)</i>
	➤ <i>Logical Link Control and Adaptation Layer (L2CAP)</i>
	➤ <i>Service Discovery Protocol (SDP)</i>
Protocol de Înlocuire a Cablurilor	➤ <i>Radio Frequency Communication (RFCOMM)</i>
Protocoale de Control Telefonic	➤ <i>Telephony Control Specification Binary (TCS BIN)</i>
	➤ <i>AT – Commands</i>
Protocoale Adoptate	➤ <i>Point-to-Point Protocol (PPP)</i>
	➤ <i>User Datagram Protocol (UDP) / Transmission Control Protocol (TCP) / Internet Protocol (IP)</i>
	➤ <i>Object Exchange Protocol (OBEX)</i>
	➤ <i>Wireless Application Protocol (WAP)</i>
	➤ <i>vCard</i>
	➤ <i>vCalendar</i>
	➤ <i>Infrared Mobile Communication (IrMC)</i>
	➤ <i>Wireless Application Environment (WAE)</i>

#### 3.1 Protocoalele Nucleului Bluetooth

Aceste protocoale sunt specifice tehnologiei *wireless Bluetooth*, dezvoltate de Bluetooth SIG. RFCOMM și TCS BIN au fost dezvoltate tot de către Bluetooth SIG, dar acestea se bazează pe standarde deja existente: ETSI TS 07.10 și Recomandarea ITU-T Q.931. Protocoalele nucleului Bluetooth plus nivelul radio sunt cerute de aproape toate dispozitivele Bluetooth, în timp ce restul protocoalelor sunt utilizate doar la nevoie.

##### 3.1.1 Baseband (BB)

Nivelul benzii de bază (*baseband* - BB) permite legătura fizică RF între unitățile Bluetooth ale unei pico-rețele. De vreme ce sistemele RF Bluetooth utilizează tehnologia cu spectru extins și salt în frecvență, în care pachetele sunt

transmise în fante temporale pe anumite frecvențe, acest nivel utilizează proceduri *Inquiry* și *Page* pentru sincronizarea transmisiei cu salturi în frecvență și a *clock-urilor* diferitelor dispozitive Bluetooth.

Există două tipuri de legături fizice, cărora le corespund două tipuri de pachete în BB: SCO (*Synchronous Connection Oriented*) și ACL (*Asynchronous Connectionless*), care pot fi transmise, multiplexat prin aceeași legătură RF.

Pachetele ACL sunt utilizate doar pentru transmisii de date, pe când pachetele SCO pot avea doar conținut audio (transmisii vocale) sau combinații de date și audio. Toate pachetele, de date și audio, pot avea diferite nivele de corecție a erorilor și pot fi criptate pentru a li se asigura securitatea. În plus, comunicațiile referitoare la managementul legăturii și mesajele de control se fac fiecare pe canale separate. Pachetele conținând informații audio pot fi transferate între dispozitive Bluetooth, conform unor modele de utilizare. Informațiile audio din pachetele SCO sunt rutate direct la și din banda de bază, fără a mai trece prin L2CAP. Modelul audio este o componentă relativ simplă a specificațiilor Bluetooth: orice două dispozitive Bluetooth pot transmite și primi informații audio de la unul la altul doar prin deschiderea unei legături audio.

### 3.1.2 Link Manager Protocol (LMP)

LMP este responsabil de stabilirea (setarea) și controlul legăturii între dispozitivele Bluetooth, incluzând controlul și negocierea dimensiunilor pachetelor din banda de bază. Mai este de asemenea utilizat și în procedurile de securizare: autentificare și criptare. LMP controlează de asemenea modurile energetice și ciclurile de lucru ale dispozitivelor radio Bluetooth și stările conexiunilor unei unități Bluetooth într-o picorețe.

Mesajele LMP sunt filtrate și interpretate de LM la recepție, astfel că ele nu sunt niciodată transmise nivelelor superioare. Mesajele LMP au prioritate în fața datelor utilizatorului. Astfel că, dacă LM necesită transmiterea unui mesaj, acesta nu va fi întârziat din cauza traficului L2CAP.

### 3.1.3 Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)

L2CAP suportă pentru protocoalele superioare proceduri de multiplexare, de segmentare și reasamblare a pachetelor și de control a calității serviciilor (*Quality of Service* – QoS). L2CAP permite protocoalelor și aplicațiilor de nivel superior să transmită și să primească pachete de date de până la 64 kbytes lungime. Deși protocolul pentru BB oferă atât legături SCO cât și ACL, L2CAP este definit doar pentru legături ACL și nici nu este prevăzut vreun fel de suport pentru legături SCO. Canalele audio de calitate vocală, pentru aplicațiile de telefonie și audio, sunt

manipulate prin legături SCO în banda de bază. Oricum, informațiile audio pot fi împachetate și trimise și utilizând protocoale de comunicație prin legături la nivelul L2CAP.

### 3.1.4 Service Discovery Protocol (SDP)

Descoperirea de servicii este un element important în cadrul de lucru Bluetooth, deoarece SD stă la baza tuturor modelelor de utilizare. Cu ajutorul SDP, informațiile despre dispozitive, servicii și caracteristici ale dispozitivelor pot fi tabelate în liste, cu ajutorul cărora utilizatorul, cunoscând astfel serviciile dispozitivelor din vecinătate, poate selecta între aceste servicii. După aceasta, se pot stabili conexiuni cu unul sau mai multe dispozitive Bluetooth.

## 3.2 Protocoale de Înlocuire a Cablurilor și de Control Telefonic

Specificațiile Bluetooth conțin două protocoale, incluzând aici *Telephony Control Protocol*, care manipulează semnalele de control a legăturilor *wireless*, emulând semnalizările ce sunt în mod normal asociate legăturilor cablate.

### 3.2.1 REFCOMM

Este un protocol de înlocuire a cablului, el creează o cale serială virtuală pentru comunicație. Astfel ca acest protocol emulează o conexiune RS-232 (EIA232) atât în materie de control, cât și în materie de semnale, peste banda de bază. El pune la dispoziția nivelurilor superioare o metodă de transport a datelor (spre exemplu:OBEX – Object Exchange Protocol).

### 3.2.2 TCS BIN : Telephony Control Protocol-Binary

Definește modul de semnalizare a controlului pentru apel, pentru a se stabili apeluri de date sau voce între dispozitive Bluetooth.

## 3.3 Protocoale Adoptate

Specificațiile Bluetooth fac uz de câteva protocoale deja existente care sunt reutilizate pentru diferite scopuri la nivelul unor straturi superioare. Acest lucru

permite aplicațiilor mai vechi să lucreze cu Bluetooth, contribuind astfel la sporirea interoperabilității între dispozitive.

- Point-to-Point Protocol (funcționează peste RFCOMM).
- TCP/UDP/IP : permite comunicarea cu orice alt dispozitiv conectat la Internet.
- OBEX : permite schimbul de obiecte într-o manieră simplă și spontană (dezvoltat de către IrDA).
- WAP : permite crearea de porți (gateways) pentru aplicații.

#### 4. Alternative la Bluetooth

- Infraroșu IrDA (WPAN - Wireless Personal Area Network).
  - Mai puțin flexibilă decât Bluetooth:
  - Viteză comparabilă.
- Wi-Fi (WLAN – Wireless Local Area Network)
  - Viteză și lățime de bandă met superioare Bluetooth-uluiș
  - Consum de energie mult mai mare;
  - Costuri mai mari pentru implementarea infrastructurii.

#### 5. Concluzii

##### 5.1 Beneficiile Bluetooth-ului

- Sincronizare rapidă a informațiilor.
- Opțiune de trimitere către tipărire.
- Folosire de căști/dispozitive mâini-libere.
- Securitate.
- Ușor de folosit.
- Este implementat în milioane de dispozitive.

##### 5.2 Dezavantaje

- Precum orice tehnologie wireless, Bluetooth este periculos pentru sănătate, chiar dacă mai puțin decât altele.

## 6. Referințe bibliografice:

- <http://www.bluetooth.com>
- <http://www.bluetooth.org>
- <http://www.opengroup.com/bluetooth>
- <http://www.palowireless.com/bluetooth>
- <http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial.asp>
- <http://www.wirelessnetwork.info>
- <http://www.en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- <http://www.ro.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- “Specification of the Bluetooth system”, Bluetooth SIG
- “Rețele de calculatoare”, Andrew S. Tanenbaum