

# Bluetooth, prezent și perspective

Ciprian Comșa, Ion Bogdan <sup>1</sup>

**Cuvinte cheie.** Conceptul Bluetooth, Profiluri, protocoale, comunicații fără fir.

**Rezumat.** Lucrarea prezintă conceptele tehnologiei Bluetooth, subliniind ideea interoperabilității pe care se fundamentează, precum și importanța definirii Profilurilor ca modalitate de identificare a Claselor de echipamente și servicii. Apoi sunt prezentate modelele de utilizare și specificațiile Bluetooth pentru comunicații vocale și de date, arhitecturile de rețea, tehnicile de securizare a comunicațiilor și tehnologiile cu care - intră în competiție. Este prezentată amănunțit stiva de protocoale Bluetooth, cu accent pe cele asociate segmentului radio al comunicației, și modurile de descoperire a terminatelor Bluetooth și de conectare a acestora la o baza de date sau la un serviciu. Sunt analizate principalele Profiluri - Generic Access, Serial Port, Dial-Up Networking - se prezintă modalitatea de creare a unui nou Profil și se fac considerații privind relațiile dintre tehnologia Bluetooth și cele wireless 3G.

**Keywords.** Bluetooth concepts, Profiles, protocols, wireless communications.

**Abstract.** The paper presents the Bluetooth fundamentals underlying the basic idea of interoperability and the importance of using Profiles to distinguish among different classes of terminals and services. Then utilization, models, communication security problems, and the competitive technologies are dealt with. The Bluetooth protocol stack is reviewed, mainly those associated to the radio interface, the Bluetooth terminals mutual discovery is presented and the specific problem of connecting to a data base or to a Bluetooth service is analyzed. Finally, the main Profiles – Generic Access, Serial Port, and Dial-up Networking - are presented in detail and the relationship with 3G wireless technologies is considered.

## Conceptele Bluetooth

### Despre Bluetooth

Harald Bluetooth a fost regele viking al Danemarcei între anii 940 și 981. Unul dintre scopurile sale era să determine oamenii să comunice între ei și în timpul domniei sale Danemarca și Norvegia au fost unite. Astăzi tehnologia wireless Bluetooth îngăduie oamenilor să comunice între ei, dar de această dată prin intermediul unei legături radio de cost redus și pe domenii restrânse. Bluetooth este un standard care elimină firele și cablurile între dispozitive atât staționare cât și mobile facilitează atât comunicațiile de date cât și pe cele vocale și oferă posibilitatea implementării unor rețele ad-hoc și a sincronizării între diverse dispozitive.

Tehnologia wireless Bluetooth implică cerințe hard, soft și de interoperabilitate. Aceasta a fost adoptată sau este studiată nu numai de majoritatea actorilor de pe scena telecomunicațiilor, computerelor și a industriei de entertainment casnic, dar și din diverse domenii precum cel bancar, cel al industriei auto-moto și de îngrijire a sănătății sau cel al automatizării și jucăriilor, etc. – pe plan extern, aproape de toate sectoarele economice.

---

<sup>1</sup> Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași

## Începutul

Ideea ce a dat naștere tehnologiei wireless Bluetooth a apărut în 1994 când compania *Ericsson Mobile Communications* a decis investigarea fezabilității unei interfețe radio de mică putere și cost redus între telefoanele mobile și accesoriile acestora. Ideea a fost ca un dispozitiv radio de dimensiuni reduse, introdus atât în telefon cât și în laptop să poată înlocui cablurile stânjenitoare utilizate pentru a conecta cele două dispozitive.

Un an mai târziu a început munca inginerescă și adevăratul potențial al acestei tehnologii a început să se cristalizeze. Pe de altă parte, prin ruperea lanțului de dispozitive prin înlocuirea cablurilor, tehnologia radio a scos în evidență posibilitatea de a deveni o punte universală către rețele de date deja existente, către interfețe periferice, și un mecanism de formare ad-hoc a unor mici grupuri private de dispozitive conectate departe de infrastructuri fixe de rețele.

## SIG

În februarie 1998 a luat ființă Grupul de Interes Special (SIG). Astăzi Bluetooth SIG include companiile promotoare *3Com, Ericsson, IBM, Intel, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia și Toshiba*, și mii de companii – membri asociați sau adoptori.

Inițial misiunea SIG a fost de a monitoriza dezvoltarea tehnologiei radio pentru domenii restrânse și de a crea un standard global deschis, prevenind astfel devenirea acestei tehnologii proprietatea unei singure companii. Acest lucru a avut ca rezultat apariția primelor *Specificații Bluetooth* în Iulie 1999. Dezvoltarea ulterioară a Specificațiilor este încă scopul principal al SIG, alături de asigurarea cerințelor de interoperabilitate, armonizarea benzii de frecvență și promoția tehnologiei.

## Interoperabilitatea

De la bun început, unul dintre scopurile principale ale SIG a fost să includă în *Specificațiile Bluetooth* un cadru de lucru general, care să asigure interoperabilitatea între diverse dispozitive aparținând unor producători diferiți – atât timp cât utilizează același Profil.

În vreme ce modelele de utilizare descriu aplicațiile și dispozitivele vizate, Profilurile specifică modul de utilizare a stivei de protocoale Bluetooth pentru a asigura interoperabilitatea dispozitivelor. În fiecare profil se specifică modul de reducere a opțiunilor și a setului de parametri din standardul de bază, modul de utilizare a procedurilor din câteva dintre standardele de bază. Se folosește astfel experiența unei utilizări comune a dispozitivului. Astfel, spre exemplu, un *mouse* nu are nevoie să comunice cu un *headset*, așa că ei sunt construiți să utilizeze *Profiluri* diferite.

*Profilurile* sunt subiect al *Specificațiilor Bluetooth* și toate dispozitivele trebuie testate pentru unul sau mai multe *Profiluri* pentru a îndeplini cerințele de certificare Bluetooth. Numărul de *Profiluri* continuă să crească odată cu apariția de noi aplicații.

Programul de certificare Bluetooth garantează interoperabilitatea globală între dispozitive indiferent de producător sau de țară în sunt utilizate. Pe parcursul procedurii de testare prin care toate dispozitivele trebuie să treacă, se verifică dacă sunt îndeplinite cerințele cu privire la: calitatea legăturii radio, protocoalele straturilor joase, profiluri și informația specifică utilizatorului. Toate produsele atestate sunt listate public [Blu].

## Modelele de utilizare

Profilurile descrise în prima versiune a Specificațiilor se adresează în principal modelelor de utilizare pentru industria telecomunicațiilor și computerelor.

Trei exemple sunt „Internet Bridge”, „Ultimate Headset” și „Automatic Synchronizer”.

**Internet Bridge** oferă acces nelimitat la Internet și este o componentă ce ajută la economisirea timpului, mai ales că banda telefoanelor mobile este în continuă creștere. Tehnologia *wireless Bluetooth* permite navigarea Internet fără conectarea de cabluri, indiferent de localizare, fie folosind un computer, fie utilizând însuși telefonul mobil. În apropierea unui punct de acces al unei rețele cablate, este posibilă conectarea directă a computerului mobil sau a dispozitivului *handheld*, și tot fără a utiliza cabluri.

**Headset-ul** permite utilizarea telefonului mobil, fără a trebui scos din geantă, sau fără a fi nevoie să fie ținut în mână în birou sau în mașină.

**Sincronizarea automată** a calendarelor, agendelor, etc. este o opțiune îndelung așteptată de mulți dintre noi. Prin simpla intrare în birou, calendarul din telefonul mobil sau dispozitivul PDA va fi automat actualizat să se potrivească cu cel din PC-ul de pe birou, sau vice versa. Numerele de telefon și adresele din agendă vor fi întotdeauna corecte în dispozitivul portabil fără a fi necesare operații suplimentare prin cablu sau infraroșu.

### **Necesitatea Bluetooth wireless**

În această etapă de dezvoltare socială mobilitatea oamenilor a crescut constant și tehnologiile wireless pentru comunicații de date și vocale au evoluat rapid în ultimii ani.

Nenumărate dispozitive electronice pentru uz casnic, personal sau de afaceri au fost propuse pieței în ultima perioadă, dar nici o tehnologie de largă utilizare nu se adresa satisfacerii necesităților de conectare a dispozitivelor în rețele personale (*Personal Area Networks - PAN*). Cererea pentru un sistem capabil să conecteze dispozitive pentru comunicații de date și vocale pe distanțe reduse a crescut simțitor.

Tehnologia wireless Bluetooth umple acest gol, oferind soluții pentru comunicații vocale și de date fără cabluri, utilizând alimentări standard *low-power*, tehnologii de cost redus ce pot fi cu ușurință integrate în orice dispozitiv și deschizând astfel calea unei mobilități totale. Prețurile vor fi reduse pentru producția de masă. De asemenea, odată cu creșterea numărului de unități Bluetooth, vor crește și beneficiile pentru utilizatori.

### **Tehnologia Bluetooth**

Specificațiile Bluetooth definesc capabilități de legături radio pe distanțe scurte (aproximativ 10m) sau opțional pe distanțe medii (aproximativ 100m) pentru transmisii vocale sau de date de capacitate maximă 720kbps pe canal.

Gama de frecvențe de operare o constituie banda nelicențiată industrială, științifică și medicală (ISM) de la 2.4GHz la 2.48Hz, utilizând tehnici de împrăștiere a spectrului, cu salturi de frecvență a semnalului duplex de până la 1600 salturi pe secundă. Semnalul execută salturi prin 79 intervale de frecvență de 1MHz, pentru a realiza o bună imunitate la interferențe. Ieșirea RF este conform specificațiilor 0dBm (1mW) pentru implementările pentru domenii de 10m sau între -30dBm și 20dBm (100mW) pentru versiunile pentru domenii mai extinse.

Când s-au alcătuit specificațiile radio, un mare accent s-a pus pe posibilitatea implementării design-ului într-un singur chip CMOS, în consecință reducându-se costul, puterea consumată și dimensiunile, necesare pentru implementarea în dispozitivele mobile.

#### **Comunicațiile vocale**

Sunt utilizate până la trei canale vocale sincrone simultan sau un canal care suportă simultan transmisie de date asincronă și transmisie vocală sincronă. Fiecare canal vocal suportă sincron 64kb/s în fiecare sens.

#### **Comunicații de date**

Un canal de date asincron poate suporta maxim 723.2kbps în sens direct în conexiune asimetrică (și până la 57.6kbps în sens invers), sau 433.9kbps în conexiune simetrică.

✓ Un *master* poate utiliza în comun un canal cu până la 7 dispozitive slave simultan active într-o pico-rețea (*piconet*);

✓ Interschimbând dispozitivele slave active și inactive (parate) din *piconet*, pot fi virtual conectate 255 de dispozitive slave, utilizând *PM\_ADDR* (unui dispozitiv îi revine rândul să participe la comunicație în 2ms);

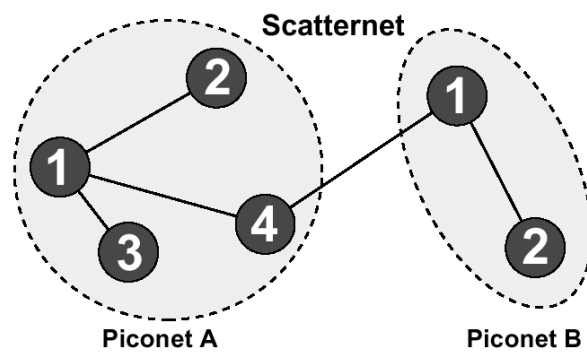
✓ Pentru a parca și mai multe dispozitive slave se poate utiliza *BD\_ADDR*; astfel nu mai rămâne nici o limitare asupra numărului de dispozitive *slave*.

Dispozitivele slave pot face parte din mai multe *piconet-uri* și *master-ul* unui *piconet* poate fi *slave* în altul; acest tip de rețea se numește *scaternet*. Pentru a se respecta normele de imunitate la coliziuni între date, un *scaternet* poate cuprinde până la 10 *piconet-uri*.

### Arhitectura de rețea

Unitățile Bluetooth aflate în același domeniu spațial de acțiune radio pot realiza ad-hoc conexiuni punct-la-punct și/sau punct-la-multipunct. Unitățile pot fi adăugate sau deconectate în mod dinamic la rețea. Două sau mai multe unități pot utiliza în comun un canal al unui *piconet*.

Se pot forma mai multe pico-rețele și acestea se pot lega ad-hoc împreună formând *scaternet*, pentru a realiza configurații flexibile de comunicații și schimburi de date. Dacă într-un același domeniu spațial se află mai multe pico-rețele, fiecare lucrează independent și fiecare are acces la întreaga bandă de frecvențe. Fiecare pico-rețea este stabilă pe un canal diferit, cu salt în frecvență. Toți utilizatorii participanți la aceeași pico-rețea sunt sincronizați pe acest canal. Spre deosebire de dispozitivele cu infraroșu (IR), unitățile Bluetooth nu sunt limitate de necesitatea vederii directe între ele.



Pentru a regula traficul pe canal, unul dintre participanți devine *master* în piconet, în timp ce restul unităților devin *slave*. În conformitate cu Specificațiile actuale ale Bluetooth, pot comunica cu un master, simultan active, până la șapte dispozitive slave. Totuși, numărul unităților virtual atașate unui master, capabile să intre în comunicație este aproape nelimitat.

### Securitate

Deoarece semnalele radio pot fi ușor interceptate, dispozitivele Bluetooth au încorporate proceduri de securizare, pentru prevenirea receptorilor rău-intenționați și nevizați de mesaj.

Trei sunt metodele de securizare a informației:

- ✓ O rutină de interpelare pentru autentificare;
- ✓ Cifrarea fluxului informațional, ca metodă de criptare;
- ✓ Generarea unor chei de sesiune – aceste chei pot fi oricând schimbate pe parcursul unei conexiuni stabilite.
- ✓ În algoritmi de securizare sunt utilizate trei entități:

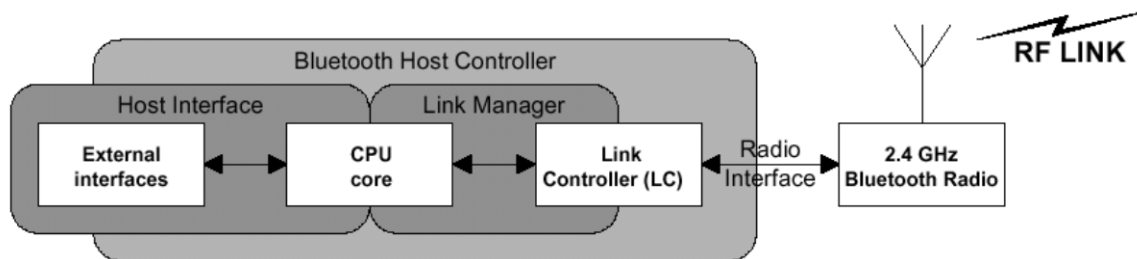
- ✓ Adresa dispozitivului Bluetooth (BD\_ADDR pe 48 biți), care este o entitate publică unică pentru fiecare dispozitiv. Această adresă se obține prin procedura *Inquire*.
- ✓ O cheie privată specifică utilizatorului (128 biți), care este o entitate secretă. Cheia privată derivă din procedura de inițializare și nu este dezvăluită niciodată.
- ✓ Un număr aleator (128 biți), care diferă la fiecare nouă tranzacție. Acest număr este derivat dintr-un proces pseudo-aleator în unitatea Bluetooth.

În plus față de aceste funcții la nivel de legătură, salturile de frecvență și transmisia limitată spațial ajută și ele la prevenirea recepționărilor neautorizate.

### Arhitectura hard

Componenta hard a Bluetooth constă într-o parte analogică radio și o parte digitală – *Host Controller* (HC). HC conține o parte de procesare a semnalului digital, numit *Link Controller* (LC), un nucleu de procesor (*CPU core*) și interfețele cu mediul gazdă.

LC constă într-o structură hard care realizează procesări la nivelul benzii de bază (*baseband* - BB) și al protocoalelor stratului fizic. Între funcțiile LC sunt incluse transferurile



asincrone și sincrone, codarea audio și criptarea.

*CPU core* permite modulului Bluetooth să mănuiască procedurile *Inquiry* și să filtreze cererile *Page* fără a implica dispozitivul gazdă. HC poate fi programat să răspundă anumitor mesaje *Page* și să autentifice legăturile la distanță (*remote*).

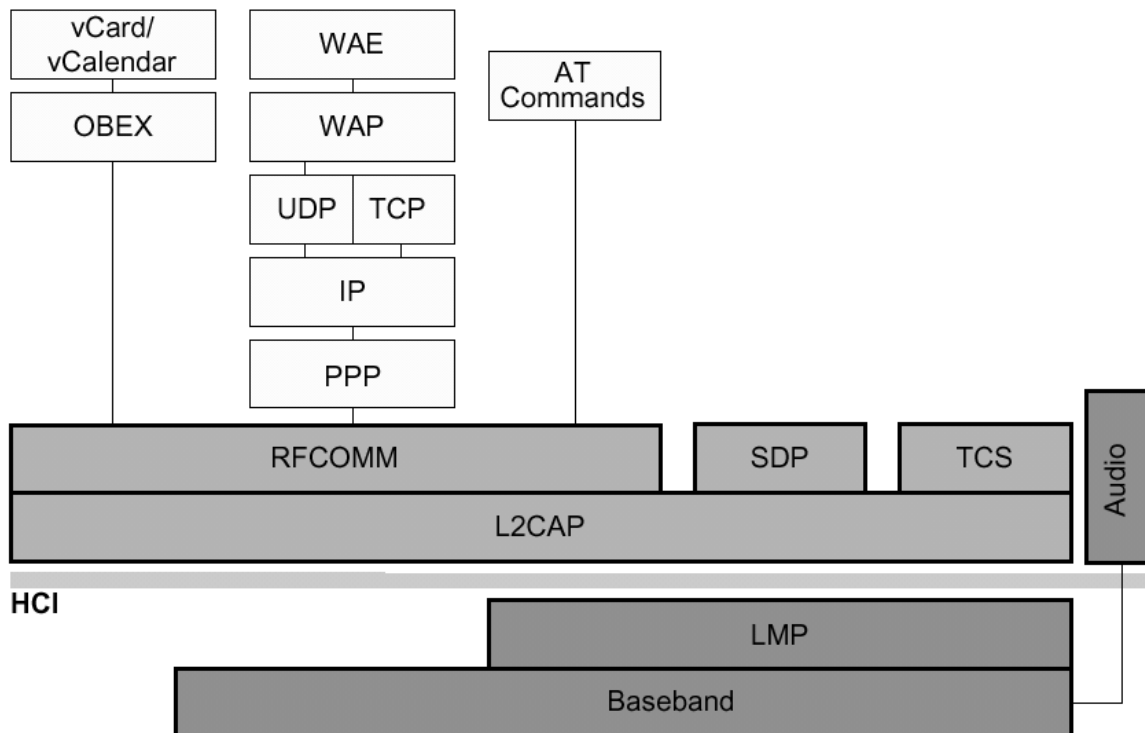
Soft-ul LM rulează în *CPU core*. LM descoperă alte LM-uri și comunică cu ele prin intermediul *Link Manager Protocol* (LMP) spre a-și îndeplini rolul de furnizor de servicii și de a utiliza serviciile oferite de inferiorul său, *Link Controller*.

### Arhitectura soft

În figura următoare protocoalele Bluetooth sunt reprezentate prin căsuțe umplute. Pentru a asigura compatibilitatea între diverse implementări hard, dispozitivele hard utilizează *Host Controller Interface* (HCI) ca o interfață comună între gazda Bluetooth (un PC portabil, de exemplu) și nucleul Bluetooth.

Protocoalele nivelelor superioare, precum *Service Discovery Protocol* (SDP), *RFCOMM* (emulator de port serial, precum RS-232) și *Telephony Control protocol* (TCS) sunt interfațate cu serviciile din banda de bază prin intermediul *Logic Link Control and Adaptation Protocol* (L2CAP). Printre sarcinile pe care le are L2CAP se numără segmentarea și reasamblarea pentru a permite pachetelor de date mai mari să fie transportate printr-o conexiune Bluetooth în banda de bază.

SDP permite aplicațiilor să afle informații despre serviciile disponibile și despre caracteristicile acestora când, de exemplu dispozitivele sunt mutate sau închise.



### Tehnologii competitive

Pentru eliminarea cablurilor între dispozitive, destul de bine cunoscut și răspândit este standardul de comunicații în infraroșu (**IrDA**). IrDA este mai rapid decât tehnologia Bluetooth, dar se limitează la conexiunile punct-la-punct și, mai ales, necesită vedere directă între cele două dispozitive. În trecut IrDA a avut probleme cu implementări după standarde incompatibile, lecție de care a ținut cont Bluetooth SIG.

Două alte tehnologii radio pentru domenii spațiale reduse, utilizând tehnica salturilor în frecvență sălășluiesc în aceeași bandă de 2.4GHz:

Rețelele locale wireless LAN sunt bazate pe standardul **IEEE 802.11**. Această tehnologie este utilizată pentru a înlocui rețelele LAN cablate în interiorul clădirilor. Capacitatea de transmisie este ridicată și de asemenea și numărul de utilizatori simultani. Pe de altă parte, comparată cu Bluetooth, această tehnologie este mai scumpă, consumă mai multă putere și hard-ul ocupă mai mult spațiu, ceea ce o face nepotrivită pentru dispozitive mobile de dimensiuni mici.

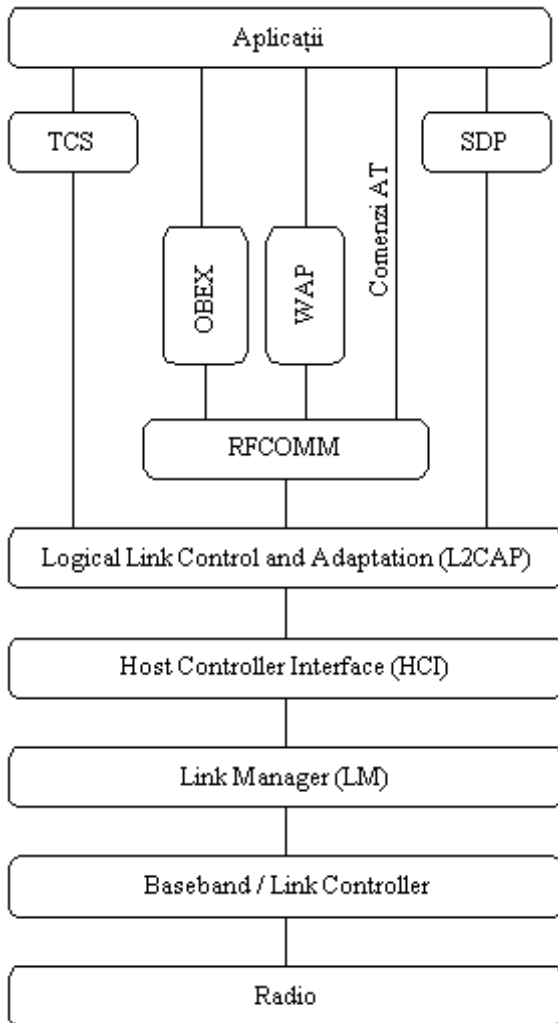
Cealaltă tehnologie din banda de la 2.4GHz este **Home RF**, care are multe similitudini cu Bluetooth. Home RF poate opera rețele ad-hoc (numai pentru comunicații de date) sau poate fi sub controlul unui punct de conectare coordonând sistemul și oferind un punct de acces (*gateway*) către rețeaua telefonică (comunicații vocale și de date). Frecvența salturilor în frecvență este de 8Hz, în timp ce pentru legăturile Bluetooth este de 1600Hz.

Deși pentru anumite segmente de piață sunt utilizate și alte tehnologii, nu există nici un competitor care să acopere întregul concept al tehnologiei wireless Bluetooth.

# Bluetooth între soft și hard

## 1. Stiva de protocoale

O caracteristică cheie a Bluetooth este aceea de a permite dispozitivelor realizate de diverși producători să lucreze împreună. Pentru acest scop, Bluetooth nu definește doar un sistem Radio, ci și o stivă de protocoale pentru ca aplicațiile respective să poată sesiza prezența altor dispozitive Bluetooth, să descopere ce servicii pot acestea oferi și să utilizeze aceste servicii.



Stiva de protocoale este definită ca o serie de straturi, deși unele caracteristici nu pot fi delimitate ca aparținând unui anumit strat. În figura alăturată este evidențiat acest aspect.

- ✓ Profilurile Bluetooth ghidează aplicațiile în utilizarea stivei de protocoale Bluetooth.
- ✓ 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 multiplexează date de la straturile superioare și convertește dimensiunile pachetelor informaționale, după necesități.
- ✓ HCI manipulează comunicațiile între modulul Bluetooth și aplicația gazdă.
- ✓ LM controlează și configurează legăturile cu alte dispozitive.
- ✓ BB/LC controlează legăturile fizice prin radio, asamblează pachetele și controlează salturile în frecvență.
- ✓ Stratul Radio modulează și demodulează datele pentru transmisia și recepția aeriană.

O aplicație nu utilizează toate protocoalele din stivă; în schimb, urmează una dintre căile verticale (a se vedea figura), conform necesităților serviciului corespunzător aplicației.

Stiva completă de protocoale conține atât protocoale ce sunt specifice tehnologiei *wireless Bluetooth*, precum LMP și L2CAP, și acele protocoale, precum OBEX (*Object Exchange Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*) și WAP (*Wireless Application Protocol*), care pot fi folosite pentru comunicații cu alte platforme. În proiectarea protocoalelor Bluetooth s-a preferat reutilizarea unor protocoale deja existente pentru scopuri diferite, la nivele mai înalte.

Deschiderea specificațiilor Bluetooth permite multor aplicații deja dezvoltate de producători să profite de sistemele hard și soft compatibile cu aceste specificații. De asemenea, producătorii pot implementa protocoale pentru aplicațiile lor proprii (proprietary) sau de uz comun, având la bază specificațiile referitoare la protocoalele tehnologiei wireless Bluetooth.

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

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

Specificațiile Bluetooth definesc de asemenea o interfață HCI (*Host Controller Interface*), care oferă interfațare cu *controller-ul BB* și cu LM și accesează starea hardware-ului și a registrelor de control. În figură, HCI este poziționată sub L2CAP, dar ea poate la fel de bine exista și deasupra acestuia.

Împreună, nivelul de *Înlocuire a Cablurilor*, nivelul de *Control Telefonic* și nivelul *Protocoale Adoptate* formează protocoalele orientate aplicație, care permit aplicațiilor să ruleze peste protocoalele nucleului Bluetooth. Ținând cont că specificațiile Bluetooth sunt niște specificații deschise, protocoale adiționale precum HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) și FTP (*File Transfer Protocol*) pot fi adăugate într-o manieră interoperabilă deasupra protocoalelor de transport Bluetooth sau deasupra protocoalelor orientate aplicație.

## **2. Protocoale ale 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.

### **Baseband (BB)**

Nivelul benzii de bază (*baseband* - BB) permite legătura fizică RF între unități 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.

### **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 pico-rețea.

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.

### **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.

### **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. Modelul de referință OSI**

Figura următoare arată familiarul model de referință standard *Open Systems Interconnect* (OSI) pentru stiva de protocoale de comunicații. Deși corelația nu este exactă, s-a încercat realizarea unei corespondențe între modelul OSI și stiva de protocoale Bluetooth. De vreme ce oricum modelul este o idealizare cu partiții ale stivei cu granițe bine definite, comparația are ca scop evidențierea divizării responsabilităților în stiva Bluetooth.

**Stratul Fizic** este responsabil de interfața electrică cu mediul de comunicație, incluzând modulația și codarea de canal. Este inclusă deci partea de operații radio și din banda de bază.

**Stratul Legătură de Date** este responsabil pentru transmisia, încadrarea și controlul erorilor unei legături anume și, ca atare, se suprapune peste sarcinile *Link Controller-ului* și părții de control din banda de bază (*baseband - BB*), incluzând verificarea și corecția erorilor.

De aici înainte, lucrurile sunt puțin mai ambigue. **Stratul Rețea** este responsabil pentru transferurile de date de-a lungul rețelei, independent de medii și topologii specifice ale rețelei. Acesta acoperă capătul superior al *Link Controller*-ului, setând și menținând multiple legături și realizează de asemenea și o mare parte din funcționalitățile *Link Manager*-ului. **Stratul Transport** este responsabil cu siguranța și multiplexarea transferurilor de date de-a lungul rețelei, la nivelul oferit de aplicație, și astfel cuprinde capătul superior al LM și acoperă HCI, care oferă de fapt mecanismul actual al transportului de date.

**Stratul Sesiune** oferă servicii de management și control al fluxului de date, care sunt acoperite de L2CAP și capătul inferior al RFCOMM/SDP. **Stratul Prezentare** oferă o reprezentare comună pentru datele stratului Aplicație adăugând unele unități de date structurii de serviciu, care este funcția principală a RFCOMM/SDP. În sfârșit, **stratul Aplicație** este responsabil pentru mânuirea comunicațiilor între aplicațiile gazdă.

Stratul Aplicație	Aplicații
Stratul Prezentare	RFCOMM/SDP
Stratul Sesiune	L2CAP
Stratul Transport	Host Controller Interface (HCI)
Stratul Rețea	Link Manager (LM)
Stratul Legătură de Date	Link Controller
Stratul Fizic	Baseband
	Radio

**Modelul OSI**

**Bluetooth**

#### **4. Stratul Fizic**

Dispozitivele Bluetooth operează la 2.4GHz, în banda global disponibilă ISM, a cărei utilizare nu solicită licențiere. Această bandă este rezervată pentru uzul aplicațiilor industriale, științifice și medicale (ISM), care respectă un set de specificații de putere, emisii spectrale și interferență. Acest lucru presupune necesitatea ca Bluetooth să fie o tehnologie foarte robustă, într-un mediu spectral cu atâți utilizatori și surse de poluare.

Banda operată este divizată în canale spațiate la 1MHz, fiecare semnalând date la 1 Megasimbol pe secundă pentru a se obține lățimea de bandă a canalului maximă. Cu schema de modulație aleasă, GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), aceasta echivalează cu 1Mb/s. Utilizând GFSK, un 1 binar determină un salt pozitiv de la frecvența purtătoare nominală, pe când un 0 binar determină un salt negativ în frecvență.

După fiecare pachet, ambele dispozitive reardează 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 ISM disponibilă și dacă o transmisie este compromisă de interferențe pe un canal, retransmisia se va face întotdeauna pe un alt canal. Fiecare fantă temporală (*time slot*) durează 625ms și de obicei dispozitivele utilizează un salt pe pachet, adică la fiecare slot, la fiecare 3 slot-uri sau la fiecare 5 slot-uri.

Cum dispozitivele sunt proiectate pentru aplicații *low-power*, puterea radio emisă trebuie să fie minimă. Sunt definite trei clase de putere, care oferă, în ordine crescătoare a puterii, acțiune pe domenii de 10m, 20m sau 100m.

#### **5. Legăturile 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 două dispozitive se pot stabili două tipuri de legături și

anume, legături *SCO* (*Synchronous Connection Oriented*) pentru comunicații vocale și legături *ACL* (*Asynchronous Connectionless*) pentru comunicații de date.

Pachetele de date pentru legături ACL sunt construite dintr-un cod de acces de 72 biți, un pachet antet (*header*) de 54 biți și un cod CRC, în adăuga încărcăturii informaționale utile (*payload data*). Există o varietate de tipuri de date permițând transmiterea unor cantități diferite de informație. Pachetul cu cea mai mare încărcătură informațională este DH5, care se întinde în 5 slot-uri temporale. Un pachet DH5 poate transporta 339 bytes sau 2712 biți de date. Așadar, sunt transmiși 2858 biți pentru 2712 biți de informație.

Un pachet DH5 utilizează până la 5 slot-uri și lungimea minimă replicată este 1 slot. Astfel, rata maximă în banda de bază într-un sens este 723.2kb/s. În acest caz, cu pachete de 5 slot-uri transmise într-un sens, pachetele de un slot trimise în sens invers vor transporta numai 57.6kb/s, astfel că aceasta va fi o legătură asimetrică cu mai multă informație transmisă în sensul trimiterii pachetelor de 5 slot-uri. Dacă ar fi transmise pachete de 5 slot-uri în ambele sensuri, atunci rata obținută a datelor ar fi 433.9kb/s, ceea ce ar fi o reducere prea mare de la rata de transmisie prin aer de 1Mb/s.

Atât aceste supraîncărcări la codarea datelor, cât și salturile în frecvență sunt necesare în principal pentru a oferi robustețe legăturii Bluetooth, de vreme ce banda ISM este o resursă comună pentru multe dispozitive și alte standarde de comunicații și chiar surse de zgomot. În plus, pentru reducerea problemelor de interferențe viitoare în spectru, se au în vedere reglementări de limitare a puterii emise pe unitatea de timp în banda ISM, determinând necesitatea unei scheme de salturi în frecvență pentru împrăștierea transmisiilor în spectru și în timp.

Straturile superioare ale stivei de protocoale mai necesită și ele o parte a lățimii de bandă, astfel că la nivelul aplicațiilor, rata maximă a datelor poate fi în jurul a 650kb/s.

Legăturile SCO lucrează la 64kb/s și este posibilă coexistența a trei legături vocale duplex simultane sau combinarea 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 alternativă pentru suportul transmisiilor muzicale este utilizarea unui canal ACL. Calitatea semnalului audio CD brut necesită 1411.2kb/s, dar cu o compresie adecvată, precum MP3, care poate reduce rata de bit la aproximativ 128kb/s, se poate transmite și semnal audio de calitate apropiată de cea CD, menținându-se succesiunea temporală a informației.

## **6. Comunicația Bluetooth**

Bluetooth diferă de orice rețea cablată, deoarece nu există nici un cablu între dispozitivele care comunică între ele și s-ar putea ca ele să nu cunoască cu ce alte dispozitive comunică și care sunt capacitățile acestora. Pentru a rezolva această dilemă, Bluetooth utilizează mecanismele *Inquiry* și *Paging* și SDP (*Service Discovery Protocol*).

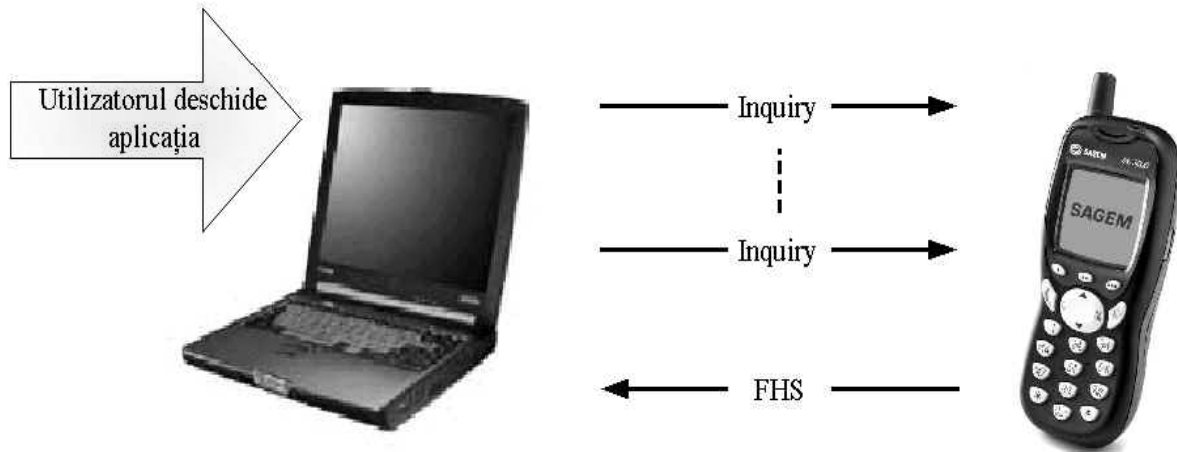
### ***Descoperirea dispozitivelor Bluetooth***

Presupunem că avem de-a-face cu două dispozitive echipate Bluetooth, să spunem un telefon celular și un laptop. Celularul este capabil să se comporte ca un modem, folosind profilul *Dial-Up Networking* și scanează periodic să vadă dacă cineva dorește să-l utilizeze.

Utilizatorul laptop-ului deschide o aplicație care necesită o legătură Bluetooth dial-up. Pentru a utiliza această aplicație, laptop-ul știe că are nevoie să stabilească o legătură Bluetooth cu un dispozitiv ce suportă profilul *Dial-Up Networking*. Primul pas în stabilirea unei astfel de conexiuni este de a afla ce dispozitive Bluetooth se află în zonă, așa că laptop-ul inițiază o procedură *Inquiry* pentru a sonda vecinătatea cu alte dispozitive.

Pentru aceasta, laptop-ul transmite o serie de pachete de interogare (*inquiry*) și eventual telefonul celular răspunde cu un pachet *FHS* (*Frequency Hop Synchronisation*).

Pachetul FHS conține toate informațiile de care laptop-ul are nevoie pentru crearea unei legături cu celularul. Acesta conține de asemenea și informații despre clasa dispozitivului, informații structurate pe două nivele: părți majore – a fost descoperit un telefon și părți minore – telefonul descoperit este un telefon celular. Acest schimb de mesaje este ilustrat în figura următoare.



În același mod, orice dispozitiv Bluetooth din zonă, care scanează mediul în căutarea de mesaje *Inquiry*, va răspunde cu un pachet FHS, astfel încât laptop-ul acumulează o listă cu dispozitive.

Ceea ce se întâmplă mai departe depinde de proiectantul aplicației. Laptop-ul poate prezenta utilizatorului o listă a tuturor dispozitivelor descoperite și îl poate lăsa pe acesta să decidă cum să continue; de menționat că în acest stadiu laptop-ul nu-i poate prezenta utilizatorului decât informații referitoare la tipul dispozitivelor descoperite. În loc să anunțe utilizatorul despre dispozitivele descoperite, laptop-ul poate trece automat la stadiul următor de a afla care dintre dispozitivele descoperite suportă profilul DUN.

### **Conectarea la o bază de date *Service Discovery***

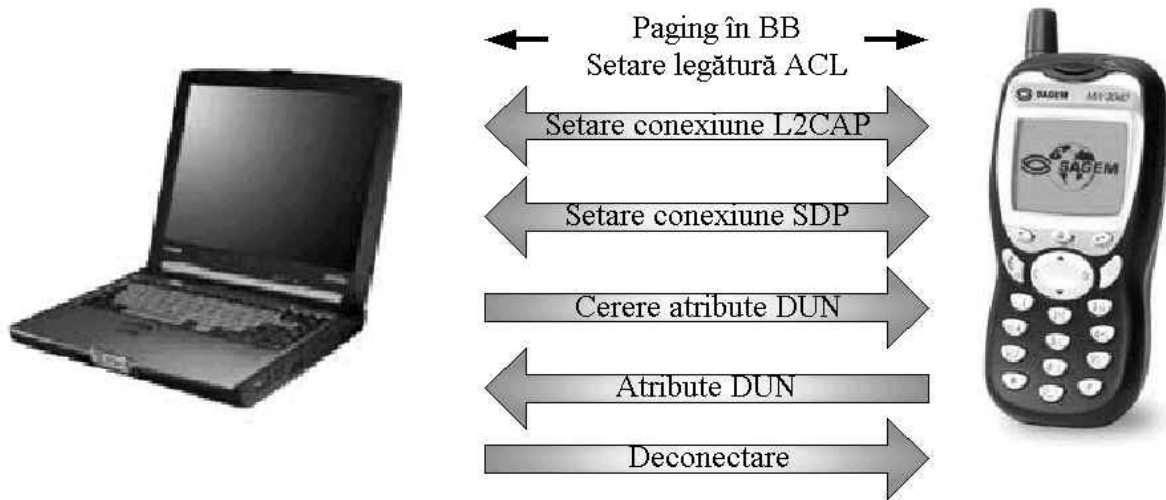
Pentru a afla dacă un dispozitiv suportă un serviciu anume, aplicația necesită conectarea dispozitivului și utilizarea SDP. Figura următoare arată cum este făcut acest lucru. Mai întâi, laptop-ul trimite un mesaj de *paging* celularului, utilizând informația adunată prin *inquiry*. Dacă telefonul scanează mesajele de *paging*, atunci răspunde și între cele două dispozitive se poate seta o conexiune ACL la nivelul benzii de bază pentru transferul de date.

Odată stabilită o conexiune ACL, poate fi realizată conexiunea la nivelul protocolului L2CAP. O conexiune L2CAP este utilizată de fiecare dată când are loc un transfer de date între dispozitive Bluetooth. L2CAP permite mai multor protocoale și servicii să utilizeze o singură legătură ACL în banda de bază, iar pentru a face deosebirea între acestea, adaugă fiecărui pachet L2CAP o componentă PSM (*Protocol and Service Multiplexor* sau *Protocol Stack Multiplexor*). PSM diferă pentru fiecare protocol și serviciu care utilizează legătura. În cazul considerat, de vreme ce conexiunea va fi utilizată pentru descoperirea de servicii, se folosește o valoare specială pentru acest tip de legătură, și anume PSM=0x001.

Laptop-ul se folosește de canalul L2CAP pentru a seta o conexiune la serverul *Service Discovery* din telefonul celular. Clientul *Service Discovery* din laptop poate solicita serverului *Service Discovery* din telefonul celular să-i trimită toată informația pe care o posedă referitor la profilul *Dial-Up Networking* (DUN). Serverul *Service Discovery* din telefonul celular caută prin baza sa de date și returnează la rândul său atribuțiile (caracteristicile) referitoare la DUN.

Odată adunată informația de descoperire a dispozitivului, laptop-ul poate decide închiderea conexiunii cu telefonul celular. Dacă laptop-ul intenționează să colecteze

informații prin *Service Discovery* de la mai multe dispozitive din zonă, atunci are sens să închidă conexiunea după utilizarea ei, ținând cont că dispozitivul poate utiliza un număr limitat de legături la un moment dat și în plus, menținerea unei legături active conduce și la consum energetic inutil.

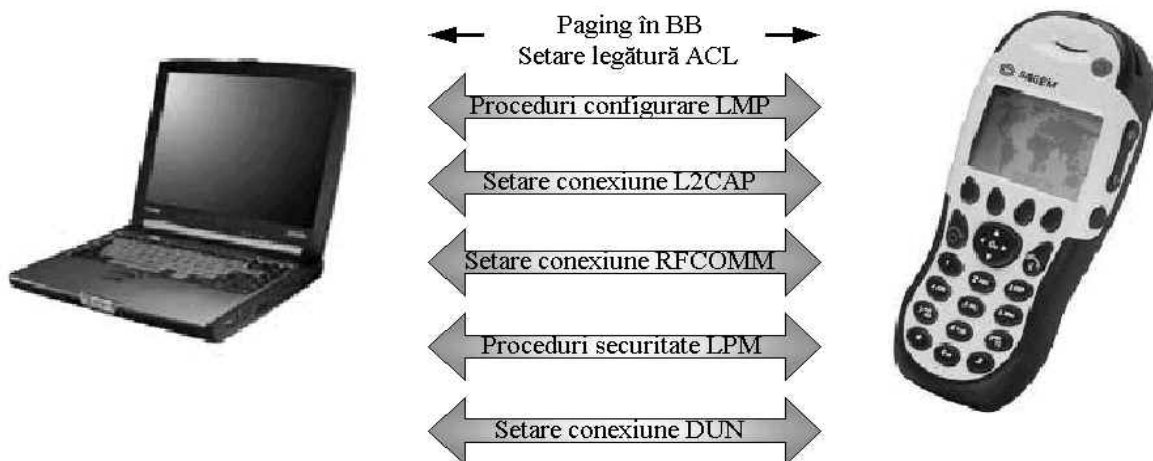


După ce laptop-ul a colectat informații prin *Service Discovery* de la dispozitivele din zonă, pasul următor este de asemenea dependent de aplicație. Poate fi afișată o listă cu informații despre toate dispozitivele descoperite ca suportând profilul DUN sau aplicația poate decide ea înseși cu care dispozitiv să colaboreze, fără a mai deranja utilizatorul.

Oricum, în ambele cazuri, informația adunată prin *Service Discovery* spune laptop-ului tot ce are nevoie să știe pentru conectarea la un serviciu *Dial-Up Networking* pe un telefon celular.

### **Conectarea la un serviciu Bluetooth**

Procesul de realizare a unei conexiuni de drept este prezentat în figura alăturată. Procesul de *Paging* care duce la stabilirea unei conexiuni ACL în banda de bază (BB) este identic celui pentru conectarea în vederea descoperirii serviciilor.



De această dată, legătura se setează (stabilește) pentru un protocol care s-ar putea să aibă pretenții la o anumită calitate a serviciului, astfel că aplicația ce rulează pe laptop poate dori configurarea legăturii în vederea satisfacerii acestor cerințe. Pentru aceasta, aplicația trimite cerințele sale către modulul Bluetooth, utilizând HCI (*Host Controller Interface*). La pasul următor, managerul legăturii (LM) configurează legătura utilizând LMP (*Link Manager Protocol*).

Odată stabilită conexiunea ACL după dorința laptop-ului, se stabilește o legătură L2CAP (*Logical Link Control and Adaptation*). Profilul DUN utilizează RFCOMM, un nivel emulator al interfeței RS-232, astfel că legătura L2CAP folosește valoarea *Protocol Stack Multiplexor* pentru RFCOMM, adică PSM=0x003.

După stabilirea legăturii L2CAP, poate fi setată prin intermediul ei o legătură RFCOMM. Ca și L2CAP, RFCOMM poate multiplexa câteva servicii și protocoale într-o singură conexiune. Fiecărui protocol sau serviciu i se atribuie un număr propriu de canal. Numărul de canal pentru DUN al telefonului celular este cunoscut deja de laptop de pe urma procedurii *Service Discovery*, așa că știe ce număr de canal să folosească la stabilirea legăturii RFCOMM.

În sfârșit, se setează conexiunea DUN prin intermediul legăturii RFCOMM și laptop-ul poate începe exploatarea serviciilor DUN oferite de telefonul celular.

Acum, laptop-ul poate utiliza telefonul celular pentru a realiza conexiuni prin rețeaua telefonică, fără a fi necesară o legătură cablată la aceasta. Dacă telefonul celular este mutat și scos în afara razei de acțiune Bluetooth a laptop-lui, atunci laptop-ul va trebui să repete procedurile anterioare pentru a găsi un alt dispozitiv prin care să se conecteze. Între timp, celularul continuă operația de scanare și s-ar putea conecta cu un alt dispozitiv din altă parte. Procesul de conectare prin legături Bluetooth este într-un anumit fel ad-hoc și arbitrar, putând dura o scurtă perioadă datorită mobilității dispozitivelor.

### ***Moduri de descoperire și conectare***

Este foarte important de reținut că pentru stabilirea unei conexiuni prin tehnologia *wireless Bluetooth* condiția principală este ca ambele terminale să dorească realizarea acestei legături.

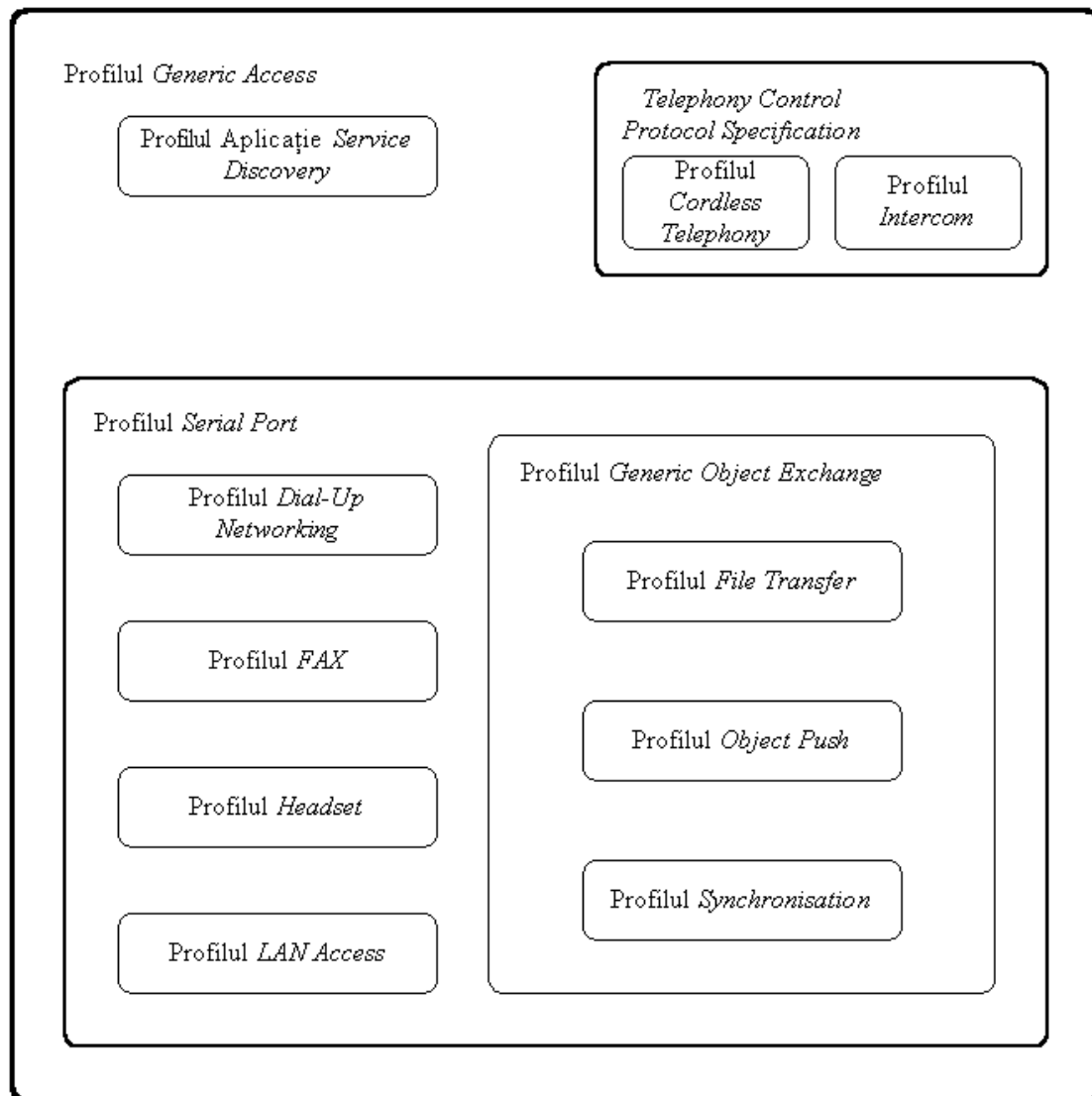
Unele dispozitive pot fi setate să nu realizeze scanări pentru mesaje *Inquiry*; în acest caz, celelalte dispozitive nu le pot descoperi și vor fi practic invizibile. În mod similar, unele dispozitive pot fi setate să nu realizeze scanări pentru mesaje *Page*; în acest caz, aceste dispozitive pot iniția legături, dar nu vor auzi încercările altor dispozitive de a se conecta la ele.

Aplicațiile pot alege dacă să facă dispozitivele *conectabile* sau *descoperibile*. O conexiune nu poate fi realizată forțat cu un dispozitiv care nu este setat pentru a o accepta.

## Profilurile Bluetooth, o fereastră deschisă evoluției

### 1. Profiluri

Scopul profilurilor este de a oferi o descriere clară despre cum trebuie folosite specificațiile unui sistem standard pentru a implementa o anumită funcție dorită de utilizator. Dacă toată lumea desfășoară un anumit standard de comunicație în același fel, atunci fiecare produs creat este interoperabil.



Noțiunea de profil își are originea de la *Organizația Internațională pentru Standardizare* (ISO/IEC TR10000), conform căreia un profil trebuie să aibă următoarele caracteristici:

- ✓ Opțiunile de implementare sunt reduse astfel încât aplicațiile să aibă aceleași funcționalități;
- ✓ Parametrii sunt definiți astfel încât aplicațiile să opereze în mod similar;
- ✓ Sunt definite mecanisme concrete pentru combinarea diferitelor standarde;
- ✓ Sunt definite linii de ghidaj pentru realizarea interfeței cu utilizatorul.

*Profilurile Bluetooth* respectă exact aceleași caracteristici: asigură interoperabilitatea, oferind un set bine definit de proceduri pentru straturile superioare și modalități uniforme de utilizare a straturilor inferioare. Procedând în acest fel, profilurile Bluetooth oferă tehnologiei

Bluetooth calea de a se integra în diferite dispozitive și aplicații și de a lucra totuși într-o manieră standardizată. De exemplu, un *headset* produs de *fabricantul A* va fi interoperabil cu telefonul celular echipat Bluetooth, produs de *fabricantul B*.

Prima figură arată modul în care profilurile Bluetooth sunt organizate pe grupe, fiecare profil fiind construit pornind de la un altul și moștenind de la acesta o serie de funcționalități. Pentru dezvoltatorii tehnologiei, aceasta înseamnă utilizarea soluțiilor anterioare pentru dezvoltarea uneia noi, acest fapt reducând atât timpul de lucru cât și cheltuielile efectuate. De cealaltă parte, utilizatorii unui dispozitiv Bluetooth se pot familiariza ușor cu un dispozitiv ce încorporează un nou profil.

## **2. Profilul Generic Access (GAP)**

GAP este profilul cel mai bazal; toate celelalte profile sunt construite pe acesta și utilizează facilitățile acestuia. Scopul GAP este de a asigura stabilirea legăturii în banda de bază. Pentru aceasta, GAP definește:

- ✓ Cerințe pentru funcțiile ce *trebuie* implementate în toate dispozitivele Bluetooth;
- ✓ Proceduri generice pentru descoperirea dispozitivelor Bluetooth;
- ✓ Facilități de management al legăturii pentru conectarea dispozitivelor Bluetooth;
- ✓ Proceduri referitoare la utilizarea diferitelor nivele de securizare;
- ✓ Cerințe de format comun pentru parametrii dispozitivului accesibili la nivelul interfeței cu utilizatorul (convenții de denumire).

### **Terminologie**

GAP definește terminologia ce trebuie utilizată în interfața cu utilizatorul. În unele cazuri, aceasta nu se potrivește cu terminologia utilizată în restul specificațiilor Bluetooth. De exemplu, specificațiile nucleului Bluetooth denumesc informația de securizare PIN (*Personal Identification Number*), pe când GAP o denumește *passkey*.

GAP definește următoarele arii ale terminologiilor generale:

- ✓ Referitoare la legătură (legătură, canal, ...);
- ✓ Referitoare la dispozitive (dispozitiv de încredere – *trusted device*, dispozitiv tăcut – *silent device*, ...);
- ✓ Referitoare la proceduri (descoperire de servicii - SD, descoperire de nume, ...);
- ✓ Referitoare la securitate (împerechere – *pairing, bonding*, încredere – *trusting*).

Se definește de asemenea și o terminologie specifică interfeței cu utilizatorul, precum: adresa dispozitivului – *device address*, numele dispozitivului – *device name*, parola – *passkey*, clasa dispozitivului – *class of device*.

### **Moduri de operare**

GAP descrie modurile de operare a dispozitivelor Bluetooth, definind care dintre aceste moduri sunt obligatorii (*M*) și care opționale (*O*). Modurile descrise sunt:

- ✓ Descoperibilitatea – guvernează utilizarea scanărilor *Inquiry* și stabilește dacă alte dispozitive pot descoperi dispozitivul Bluetooth de referință, când ajung în raza acestuia de acoperire radio;
- ✓ Conectivitatea – guvernează utilizarea scanărilor *Page* și stabilește dacă alte dispozitive se pot conecta la dispozitivul Bluetooth de referință, când ajung în raza acestuia de acoperire radio;
- ✓ Capacitatea de împerechere – guvernează utilizarea facilităților de împerechere, ale LM (*Link Manager*), care sunt utilizate la crearea cheilor legăturii când este vorba de legături criptate;
- ✓ Securitatea – își intră în drepturi atunci când este inițiată criptarea unei legături.

Există trei moduri de *descoperibilitate*, cu referire la procedurile de scanare *Inquiry* în banda de bază:



✓ Un *dispozitiv nedescoperibil* nu poate realiza scanări ale cererilor (*Inquiry scan*) și nu poate fi descoperit de un dispozitiv care emite mesaje *Inquiry*;

✓ Un *dispozitiv cu descoperibilitate limitată* scanează numai după mesajele *Inquiry* ce folosesc LIAC (*Limited Inquiry Access Code*) și poate fi descoperit numai de dispozitivele ce utilizează acest cod;

✓ Un *dispozitiv descoperibil* scanează după mesajele *Inquiry* ce folosesc GIAC (*General Inquiry Access Code*) și pot fi descoperite de toate dispozitivele ce utilizează în mesajele lor de *Inquiry* acest cod.

În mod obligatoriu trebuie suportat fie modul general, fie cel limitat de descoperibilitate, iar în cazul în care dispozitivul este cu descoperibilitate limitată, atunci el trebuie să poată lucra și în modul nedescoperibil.

Există două moduri de **conectivitate**: conectabil și neconectabil. Un dispozitiv *conectabil* scanează periodic în căutarea mesajelor *Page* și permite altor dispozitive să se conecteze la el. Un dispozitiv în modul *neconectabil* nu scanează după mesaje *Page*, astfel că un alt dispozitiv nu se poate conecta la el, însă poate iniția el o conexiune. Modul conectabil este obligatoriu, pe când modul neconectabil este opțional.

Două sunt și modurile de **împerechere**: *capabil de împerechere*, care presupune capacitatea de a stabili o legătură cu cheie de criptare cu alt dispozitiv și *incapabil de împerechere*, reversul. *Bonding* se referă la stabilirea unei relații de încredere la nivelul straturilor superioare, folosindu-se facilitățile de împerechere ale LM. Când funcționalitatea *bonding* este suportată, modul capabil de împerechere este obligatoriu și trebuie suportat de asemenea și unul din modurile general sau parțial de *Inquiry*.

Există trei moduri de **securitate**:

✓ *Modul 1* (nesigur) – procedurile de securizare nu sunt inițiate;

✓ *Modul 2* (sigur la nivel de serviciu) – procedurile de securizare nu sunt inițiate până la stabilirea unei legături pe canal L2CAP, apoi aceste proceduri au la bază cerințele serviciilor;

✓ *Modul 3* (sigur la nivel de legătură) – procedurile de securizare sunt inițiate încă de la stabilirea legăturii ACL în BB.

*Autentificarea* este opțională pentru dispozitivele care suportă numai Modul 1, iar pentru celelalte două moduri este cerută necondiționat.

### **3. Profilul Serial Port**

*Profilul port serial* realizează emularea interfeței cablate seriale RS-232 pentru dispozitivele Bluetooth. În acest fel, aplicațiile cu legături fizice nu mai trebuie să fie modificate pentru a utiliza Bluetooth; ele pot trata legătura Bluetooth ca o legătură fizică prin cablu serial.

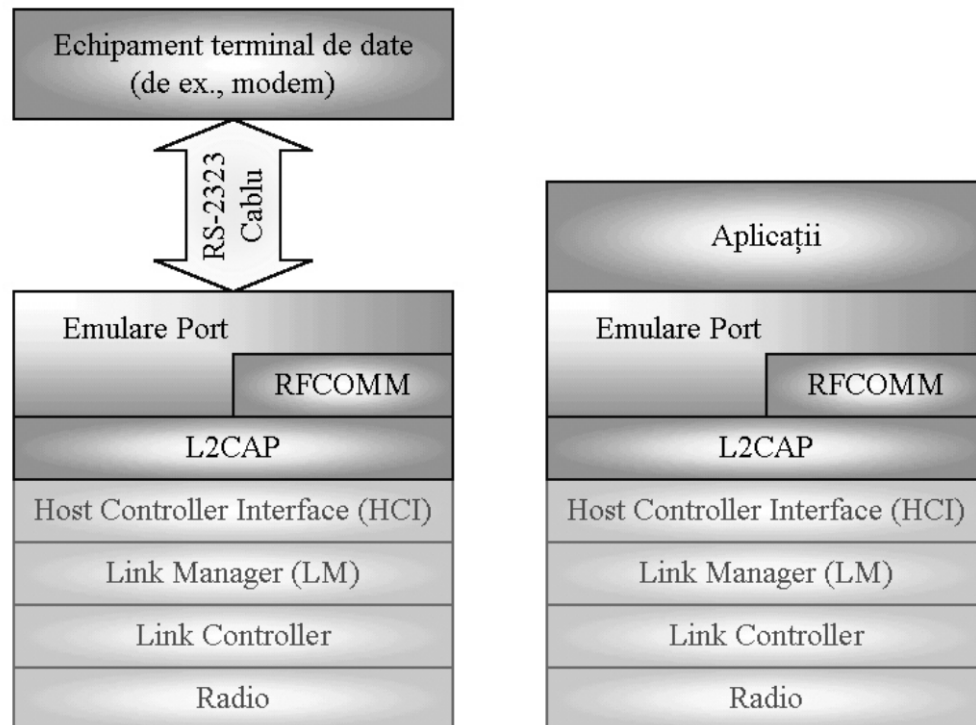
Acest profil se bazează pe standardul GSM 07.10, care permite multiplexarea a numeroase **conexiuni** seriale într-o singură **legătură** serială. Sunt suportate două tipuri de dispozitive: puncte terminale de comunicație (precum laptop-urile) sau puncte intermediare de comunicație (precum modem-urile). Primul tip, care emulează porturi seriale, ajută Bluetooth să suporte aplicații bazate pe legături prin porturi seriale. Al doilea tip de dispozitive, care sunt părți ale legăturilor de comunicație, ajută Bluetooth să înlocuiască cablurile care leagă dispozitivele la modem-uri și alte dispozitive intermediare. Stiva de protocoale pentru cele două tipuri de dispozitive este prezentată în figura următoare.

*Profilul port serial* utilizează RFCOMM pentru a reuși emularea unui port serial. Dispozitivul care setează conexiunea RFCOMM este numit *inițiator*, pe când celălalt este referit ca fiind *corespondent*.

De vreme ce sunt necesari un număr de pași pentru setarea unui port serial virtual și stabilirea unei conexiuni, se cere utilizarea câtorva funcții de management a dispozitivului.

Primul pas este găsirea adresei dispozitivului de la celălalt capăt al conexiunii. Sunt câteva modalități de a realiza acest lucru:

- ✓ Proceduri *Inquiry* pentru descoperirea dispozitivelor din vecinătate. Utilizatorul alege apoi dispozitivul dintr-o listă.
- ✓ Utilizatorul introduce direct adresa dispozitivului.
- ✓ Dispozitivele personale pot fi pre-împerecheate, astfel încât ele nu au altceva de făcut decât să treacă la stabilirea conexiunii între ele, fără a mai efectua proceduri *Inquiry*.



Următorul pas este de a trimite mesaje *Page* dispozitivului ales pentru a crea o conexiune ACL în banda de bază.

Un canal L2CAP este creat în serverul SDP. SDP identifică numărul canalului RFCOMM al serviciului port serial. În acest moment utilizatorului i se poate arăta de către SDP informația referitoare la numele serviciului în vederea verificării.

Un canal L2CAP este creat peste RFCOMM la dispozitivul utilizator *corespondent*. O sesiune de multiplexare este pornită prin canalul L2CAP.

Dacă parametrii conexiunii la nivelul *legătură de date* RFCOMM trebuie negociați, atunci acest lucru se produce acum, înainte de a se cere o conexiune *legătură de date* RFCOMM.

Suportul pentru procedurile de securitate este mandatar în profilul port serial, dar acestea nu trebuie folosite obligatoriu. În acest punct, oricare din dispozitive poate solicita utilizarea funcționalității *bonding*; aceasta înseamnă utilizarea de comun acord a unui cod PIN secret. PIN-ul poate fi pre-configurat sau poate fi introdus prin intermediul interfeței cu utilizatorul. Dacă cele două dispozitive nu s-au pus încă de acord asupra unui PIN, atunci acesta trebuie schimbat între utilizatori prin alte modalități decât Bluetooth. Fiecare parte poate cere apoi criptarea legăturii în banda de bază.

Aplicațiile soft pot acum comunica prin portul virtual, utilizând cadre UIH (*Unnumbered Information with Header*) pe canalul RFCOMM.

#### 4. Profilul Dial-Up Networking (DUN)

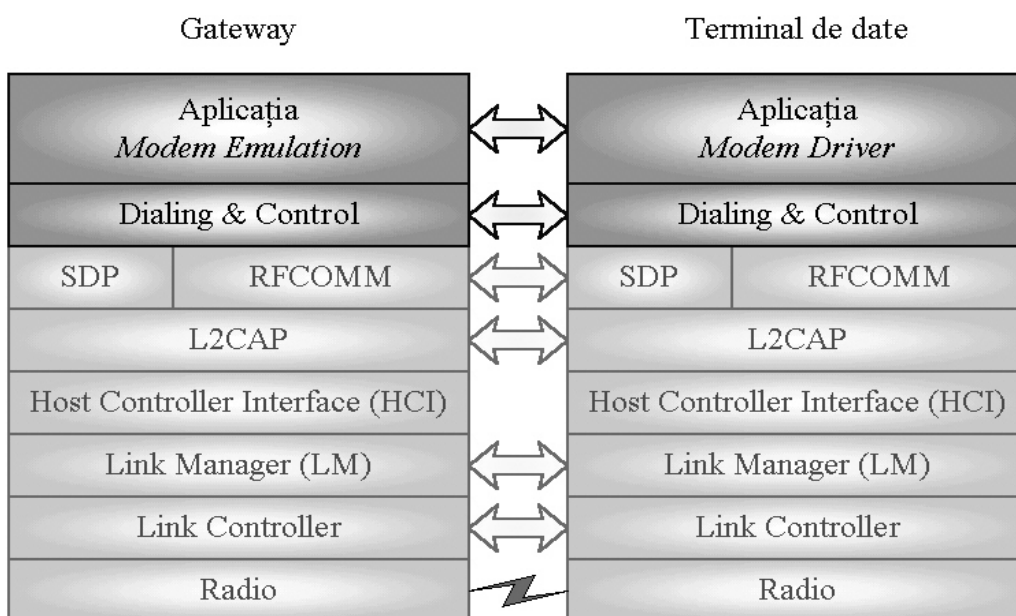
Profilul DUN poate realiza conexiuni de date de tip *Dial-Up*. Acest lucru permite unor dispozitive computaționale (precum laptop-urile) să acceseze o rețea telefonică folosind serviciile unui dispozitiv de comunicație (precum un telefon mobil sau un modem). Sunt

posibile două tipuri de conexiuni: unul utilizează tehnologia RAS (*Remote Access Server*), iar cealălalt realizează conexiuni prin modem-uri fără cabluri.

În figura următoare sunt date două exemple de utilizare a profilului DUN. În exemplul superior un laptop este legat la o rețea de telefonie mobilă, iar în celălalt exemplu, un laptop este legat la rețeaua telefonică publică (PSTN). Dispozitivul care este la capătul legăturii (în acest caz laptop-ul) este denumit terminal de date, pe când dispozitivele de comunicație care formează legătura cu rețeaua telefonică se numesc *Gateway* (telefonul celular, modem-ul).



Figura următoare indică stiva de protocoale pentru profilul DUN. Stratul *dialing & control* definește comenzile și procedurile pentru formarea automată a numerelor de telefon (*dialing*) și control, prin legătura asincronă serială realizată la nivelul straturilor inferioare. Stratul *Modem Emulation*, după cum sugerează și numele, emulează un modem, iar *Modem Driver* este soft-ul de comandă (*driver software*) din terminalul de date.



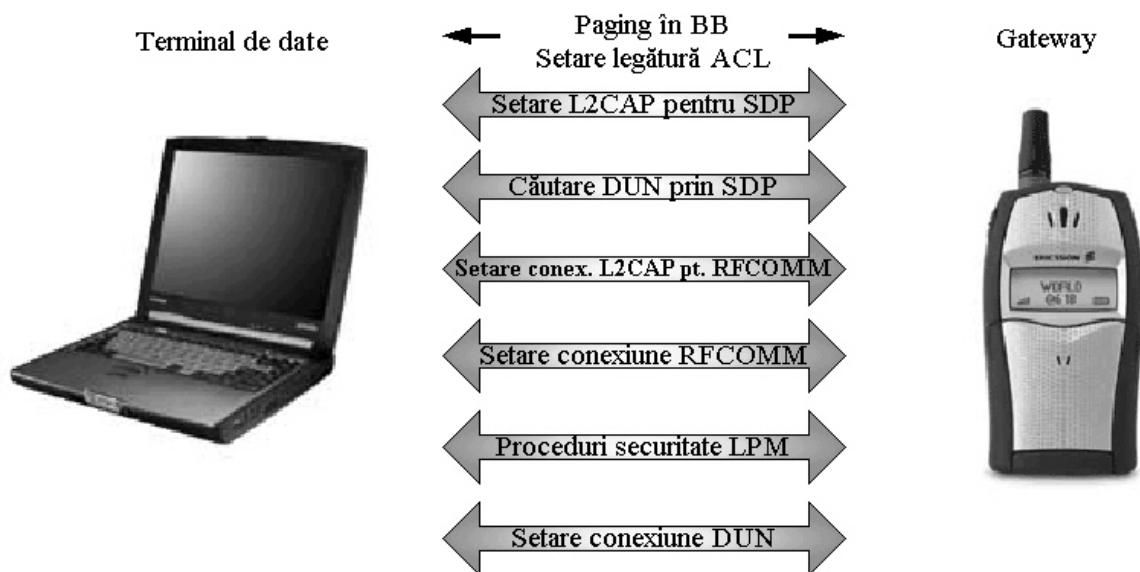
## Stabilirea unei conexiuni DUN

Figura ce urmează ilustrează etapele stabilirii unei conexiuni DUN între un terminal de date și *gateway*. În exemplul pe care l-am considerat în figură, terminalul de date este un laptop, iar *gateway-ul* este un telefon celular.

Mai întâi, trebuie stabilită o legătură în banda de bază prin *Paging* (ar mai putea exista înainte o etapă, și anume aceea de descoperire a dispozitivelor prin *Inquiry* și scanare în căutarea mesajelor *Inquiry* sau dispozitivele ar putea fi configurate de către utilizator să se conecteze direct). Odată stabilită legătura în banda de bază respectând regulile de configurare impuse de LM, poate fi stabilită conexiunea L2CAP. Informația specifică *Service Discovery* referitoare la profil poate fi transmisă prin această conexiune L2CAP. Odată acest lucru făcut, conexiunea L2CAP poate fi folosită în inspectarea altor servicii sau poate fi întreruptă. Canalul L2CAP stabilit la acest nivel nu poate fi utilizat pentru accesarea propriu-zisă a serviciului deoarece este setat cu o valoare a multiplexorului de protocoale și servicii (PSM) rezervată pentru *Service Discovery*.

Un al doilea canal L2CAP trebuie setat pentru a accesa serviciul. Acest canal este setat cu o valoare a multiplexorului de protocoale și servicii rezervat pentru RFCOMM (nivelul Bluetooth de emulare a unui port serial). O conexiune RFCOMM este setată prin acest canal și, în cele din urmă, prin RFCOMM poate fi stabilită o conexiune DUN.

Conexiunea este controlată prin comenzile AT. Profilul listează comenzile pe care *gateway-ul* le suportă. Acestea permit formarea numărului, răspunsul la apel, controlul ecoului, controlul volumului, monitorizarea circuitelor și controlul formării numerelor în puls sau în ton și editarea liniilor de comandă.



Cât durează stabilirea legăturii prin PSTN, *gateway-ul* și terminalul de date pot oferi opțional utilizatorului un *feedback* audio (o serie de tonuri pe care le aude utilizatorul când modemul încearcă să se conecteze). În acest caz, când echipamentul de la capătul îndepărtat al legăturii telefonice răspunde, se setează un canal SCO separat, iar legătura SCO curentă rămâne rezervată transportului *feedback-ului* audio.

Aplicația din terminalul de date ce utilizează DUN trebuie să vadă legătura la fel ca și cum ar fi fost conectată la *gateway* prin cablu.

## 5. Crearea unui profil

Procesul de definire de noi profiluri este deschis oricărei companii adoptoare. Primul pas este de a se clarifica dacă într-adevăr este nevoie de un nou profil. Profilurile au rolul de a

ajuta la interoperabilitatea între produse, așa încât dacă un profil deja existent poate fi modificat să deservească o aplicație, nu are nici un sens inventarea unui nou profil.

Dacă o aplicație nu poate fi deservită de nici un profil existent, atunci următorul pas este de a sonda piața pentru a se determina segmentul de piață interesat. În cazul în care noul profil nu ar interesa decât un mic segment specializat al pieței, atunci este mai utilă implementarea unei soluții proprietare. *Profilurile* sunt utile pentru a asigura interoperabilitatea între produse ale diferiților fabricanți. Dacă piața acoperită este de arie redusă, atunci e foarte probabil ca să fie o singură companie producătoare care să o acopere.

Când este identificată o aplicație care justifică crearea unui nou profil, atunci propunerea pentru noul profil poate fi schițată urmând formatul standard al celorlalte profile. Se constituie un grup central de promoție și dacă promoția își atinge scopul, atunci se formează un grup de lucru care lucrează la noul profil. Constituirea grupurilor de lucru este foarte utilă, deoarece au ocazia de a-și expune punctul de vedere mai multe companii. Dacă s-ar ocupa de acest lucru o singură companie, atunci ar exista riscul să se piardă din vedere o serie de detalii semnificative, care pentru piața companiei respective s-ar putea să nu prezinte interes. Un grup de lucru are șanse mai mari să realizeze un profil de utilitate mai generală.

În cele din urmă, grupul de lucru termină profilul și acesta este încorporat în specificațiile Bluetooth.

## **6. Bluetooth versiunea 2.0**

Grupul de lucru radio 2.0 a fost înființat pentru o extensie optimală a Bluetooth 1.0. Această tehnologie va fi capabilă de rate de transfer mai ridicate – 2Mb/s sau chiar opțiuni pentru 10Mb/s sau mai mult. Atracția pentru asemenea rate este evidentă, Bluetooth putând transporta astfel semnale audio de calitate hi-fi sau chiar semnale video, realizându-se astfel alinierea Bluetooth la sistemele celulare 3G.

Grupul de lucru radio 2.0 a fost însărcinat cu menținerea în actualitate a Bluetooth. Aceasta înseamnă a domina aplicațiile din banda ISM (banda nelicențiată industrială, științifică, medicală). Constrângerile benzii ISM determină utilizarea unei scheme de modulație radio mai complexe. Costul va fi în jurul a 5-10USD pentru producția de masă.

Dispozitivele Bluetooth 2.0 vor fi compatibile cu cele din versiunea 1.0, aceasta înseamnă manipularea a două scheme de modulație. Grupul radio 2.0 urmărește de asemenea schimbarea mecanismului Inquiry în scopul măririi vitezei de descoperire a dispozitivelor Bluetooth.

Grupul 2.0 va introduce până la urmă și un mecanism de transfer (*handover*) pentru apelurile vocale și de date Bluetooth. Acest lucru este într-adevăr provocator, ținând cont că este necesară o rețea centrală (*backbone network*) pentru a coordona transferurile între grupurile locale. Nu are nici un sens utilizarea *handover* la sincronizarea unui telefon celular sau a unui PDA cu o agendă de adrese din alt dispozitiv, dar transferarea unei conexiuni cu un punct de acces la o rețea LAN către alt punct de acces la același LAN poate fi destul de utilă.

Deoarece conexiunile Bluetooth sunt pe spații restrânse și implică dispozitive mobile, este foarte probabil ca procesul de *roaming* între pico-rețele să fie mult mai rapid decât rata normală de comutare între celule în sisteme precum GSM. De aceea este necesară achiziția mult mai rapidă a conexiunilor și de aceea se caută sporirea vitezei procedurii *Inquiry*.

Dispozitivele Bluetooth 2.0 trebuie să rămână compatibile cu dispozitivele Bluetooth 1.0. O propunere pentru realizarea acestui obiectiv este conectarea tuturor dispozitivelor în modul 1.0, iar mai apoi să aibă loc, dacă este cazul, negocierea stabilirii legăturii în modul 2.0.

## **7. Bluetooth și 3G**

Tehnologia *wireless Bluetooth* este una din tehnologiile dezvoltate și în scopul optimizării utilizării celei de-a treia generații (3G) de sisteme de comunicații mobile

multimedia care se află în curs de dezvoltare de către *Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor* (ITU). Sub acest concept de „familie de sisteme” sunt unificate la nivel înalt diverse tehnologii pentru a oferi utilizatorilor servicii și aplicații inovative multimedia cât mai diverse. Această inițiativă, denumită *International Mobile Telecommunications 2000* (IMT-2000), vizează atât sistemele satelit cât și terestre, deservind utilizatori fiși și mobili din rețele publice sau private. Inițiativa urmărește să faciliteze evoluția de la sistemele din actuala generație (2G), care sunt în general incompatibile între ele, către sistemele 3G care oferă utilizatorului interoperabilitate, o mai bună acoperire și capabilități pentru noi servicii. Printre posibilele aplicații 3G pentru care Bluetooth ar putea fi potrivit se numără atât intercomunicațiile locale cât și conectivitatea pe arii extinse pentru a atinge un nivel superior al serviciilor, decât ar face-o separat.

Dintre implementările deja existente merită menționate unele telefoane celulare din seria *Nokia 6000* care conțin un modul Bluetooth încorporat, precum și telefonul *Ericsson T39*, accesoriile produse de Ericsson pentru telefoane mobile (adaptor Bluetooth, headset Bluetooth) sau punctul de acces *BLIP* produs de aceeași firmă Ericsson.

Pentru viitor, ne putem gândi, de exemplu, la automatele din *mall*. Printr-un sistem de acces Bluetooth, un număr de mașini automate de vânzare pot fi conectate la o unitate centrală de administrare a automatelor de vânzare, care printr-un sistem de acces 3G solicită serviciul de întreținere și alimentare. Probleme minore pot fi raportate direct tehnicianului din *mall* prin dispozitivul său Bluetooth. De asemenea, schimbări ale prețurilor pot fi comunicate de la unitatea centrală de administrare la automatele de vânzare echipate cu tehnologie Bluetooth.

O altă aplicație posibilă în care tehnologia Bluetooth se împletește cu sistemele 3G este poșta electronică (*e-mail*). Un telefon mobil 3G/Bluetooth poate primi un *e-mail* ca o transmisie de date și-l poate transmite mai departe unui computer notebook, printr-o legătură Bluetooth, presupunând că cele două sunt în apropiate. După acest concept, un terminal 3G se comportă ca un punct de distribuție pentru multe alte dispozitive, cu care poate comunica prin legături Bluetooth. Dacă, spre exemplu un *e-mail* important a fost primit pe aeroport, utilizatorul se poate apropia de un chioșc echipat Bluetooth și poate scoate la imprimantă din acel chioșc *e-mail-ul* sub comanda telefonului mobil echipat cu Bluetooth, fără a mai scoate din geantă notebook-ul. Taxarea pentru acest tip de serviciu se poate face fie prin cartea de credit, fie prin intermediul așa numitului portofel electronic (*e-wallet*), tot pe baza unei conexiuni Bluetooth.

Sisteme echipate cu componente *wireless Bluetooth* din casă pot permite controlul la distanță. Astfel de sisteme pot include printre altele încălzirea centrală, aerul condiționat sau iluminarea. Atunci când utilizatorul este plecat, spre exemplu lucrând târziu la birou, telefonul mobil 3G sau dispozitivul *palmtop* poate avea acces la aplicațiile casnice prin intermediul *gateway-ului* 3G/Bluetooth de acasă. Se pot realiza astfel de la distanță operațiuni de genul:

- ✓ Interogarea frigiderului în scopul determinării necesității cumpărării unor alimente în drum spre casă;
- ✓ Setarea temperaturii din casă la o preferință personală înainte de a ajunge acasă;
- ✓ Activarea de departe de casă a înregistrării video a unei emisiuni care nu poate fi văzută.

## **8. Concluzii**

SIG a creat o serie de noi grupuri de lucru care continuă dezvoltarea specificațiilor Bluetooth. Această dezvoltare urmărește: corectarea și clarificarea versiunii actuale (din februarie 2001) a specificațiilor, precum și crearea de noi profiluri și dezvoltarea unei tehnologii îmbunătățite radio și în banda de bază, care să conducă spre nucleul unei noi versiuni 2.0 a specificațiilor Bluetooth.

SIG oferă de asemenea și un mecanism pentru companiile adoptoare a Bluetooth pentru a putea propune profiluri viitoare.

## References - Bibliografie

- [Alx]      *Alexandru, Nicolae  
Dumitru și Cotaș, Paul*      „Tehnică Modernă a Comunicațiilor” – Institutul  
Politehnic Iași, 1979
- [Blu]      *Bluetooth Web Site*      [www.bluetooth.com](http://www.bluetooth.com)  
[www.bluetooth.org](http://www.bluetooth.org)
- [Bog]      *Bogdan, Ion*      „Sisteme Celulare pentru Comunicații Mobile” –  
MatrixRom, București, 1998
- [Bra]      *Bray, Jennifer și Sturman,  
Charles F.*      „Bluetooth – Connect without Cables” – Prentice  
Hall PTR, 2001
- [Bte]      *Ericsson Mobile  
Communications AB*      „Users Manual – Bluetooth PC Reference Stack by  
Ericsson”, 2000
- [Cot]      *Cotaș, Paul*      „Sisteme Avansate de Comunicații Digitale” – Note  
de curs, Facultatea de Electronică și  
Telecomunicații Iași, 2000-2001
- [Eri]      *Ericsson Web Site*      [www.ericsson.com/bluetooth](http://www.ericsson.com/bluetooth)
- [Gre]      *Green, James Harry*      „The Irwin Handbook of Telecommunications” –  
Fourth Edition – McGraw-Hill, 2000
- [Mul]      *Muller, Nathan J.*      „Bluetooth Demystified” – McGraw-Hill Telecom,  
2001
- [Nok]      *Nokia Web Site*      [www.nokia.com/bluetooth](http://www.nokia.com/bluetooth)