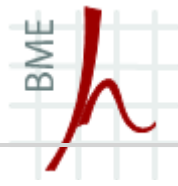


BLUETOOTH HÁLÓZAT

2011. május 19.,
Budapest

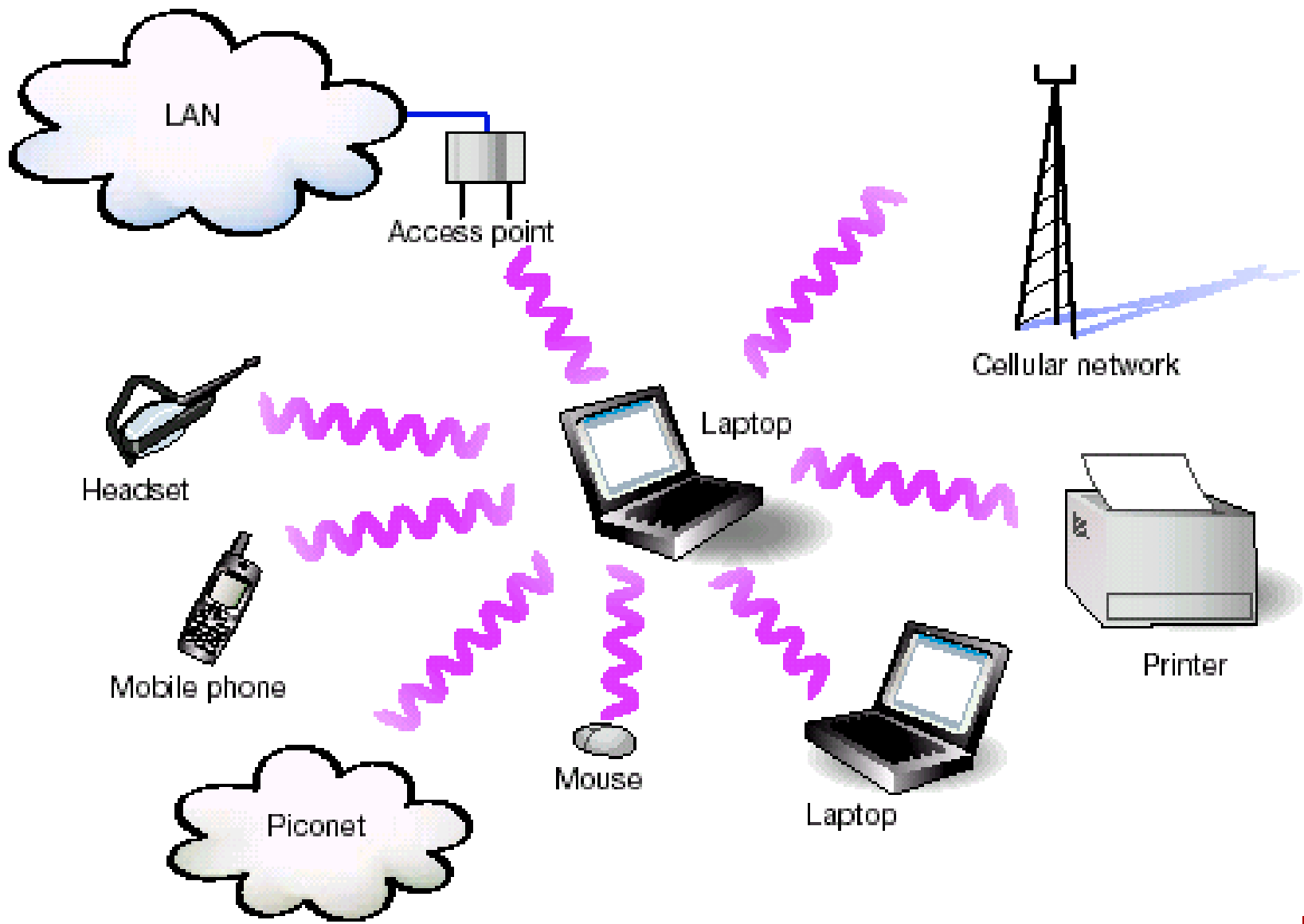
- kis hatótávolságú, a gyakorlatban is elterjedt ad-hoc hálózat
- cél: irodai, szobai eszközök közti összeköttetés vezeték nélkül (PC, nyomtató, telefon, szórakoztatóelektronika, stb)
- történet:
 - 1994 Ericsson, fejlesztés kezdete
 - 1998 nyílt technológia, más cégek bevonásával: Bluetooth érdekcsoport
 - 1999 első specifikáció
 - több mint kétezer tag cég
- elnevezés: Kékfogú Harald viking király (940-981), egyesítette Norvégiát és Dániát
- spec. követelmények: kis méretű (mobilba, headsetbe, egérbe, stb.), kis fogyasztású, fillérekért gyártható eszközökkel valódi ad-hoc hálózat
- világméretű elterjedtség: engedély mentes spektrum

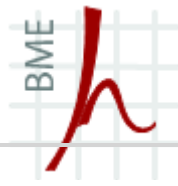


Bluetooth

- konkurens technológia: infravörös
- szintén nagyon olcsó, de
- kisebb hatótávolságú
- csak egymást látó készülékek között
- csak pont-pont kapcsolat két eszköz között

Tipikus alkalmazások

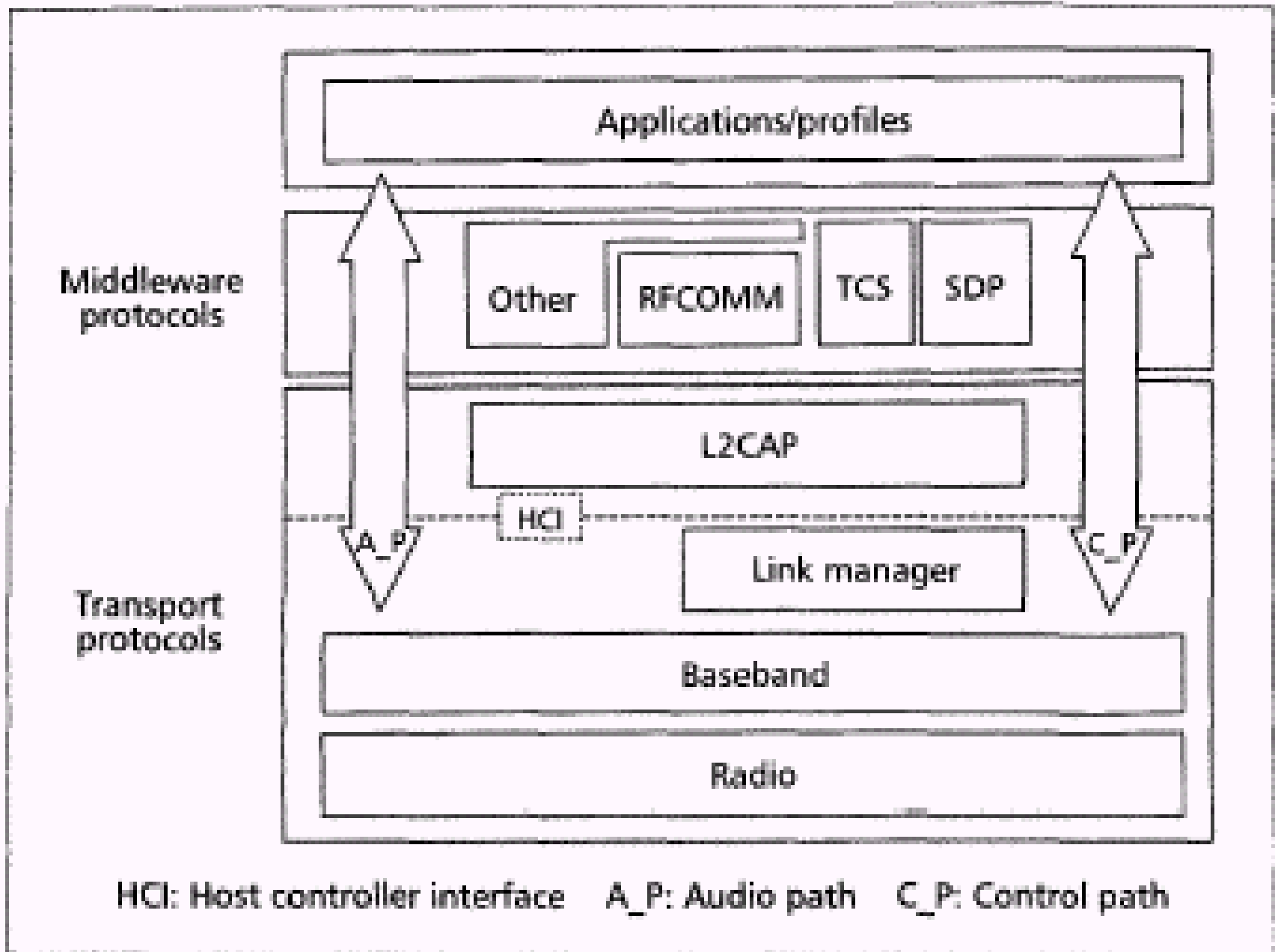




Alkalmazások

- három (vagy több) az egyben telefon : éppen legjobbhoz csatlakozik: otthoni (irodai) vezetékes, irodai: mobilok közvetlenül vagy DECT, kint: nyilvános mobil háló
- internet elérés lappal: bluetooth az interfész a pillanatnyi internetelérés felé (pl. mobiltelefon, modem, LAN, stb.)
- interaktív konferencia: adatok megosztása, vetítés, stb.
- cordless desktop: nem kell drót
- automatikus szinkronizáció laptop, PC, mobil és PDA között

Bluetooth protokoll szerkezet



Bluetooth protokoll szerkezet

- transport: speciális Bt protokollok, minden kommunikációban részt vesznek
- middleware: spec. Bt és adoptált protokollok. ezek teszik lehetővé a spec. és hagyományos alkalmazások kommunikációját Bt hálózaton
- radió: fizikai réteg, modulált
- baseband: kb. felső fizikai és MAC és : a Bt kommunikáció, hálózat szervezés, kapcsolatok felépítése
- HCI Host controller interface: nem protokoll, hanem if., kapcsolódási pont a baseband protokollhoz
- link manager: LMP protokollal kommunikálnak, kapcsolatok menedzselése, titkosítási, hitelesítési információk
- L2CAP: Logical Link Control & Adaptation Protocol, Bt specialitások eltakarása, if. a felső rétegek felé

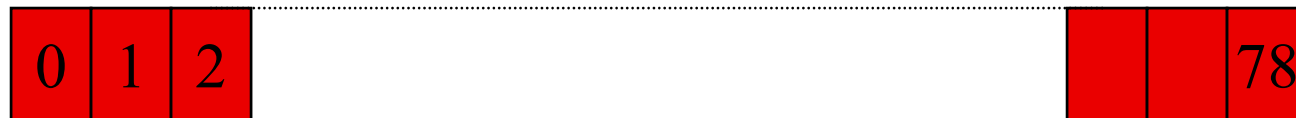
Bluetooth protokoll szerkezet

- SDP Service Discovery Protocol, az egyes eszközök ezzel derítik ki az igénybe vehető szolgáltatásokat
- RFCOMM: RS232 soros port protokoll emulációja, olyan alkalmazások számára, amik RS232 vezetéken kommunikálnának
- TCS Telephony Control Signaling,
- egyéb: számos protokoll, RFCOMM fölött megvalósítva, Bt-n való átvitelhez (pl. PPP)

Fontosabb paraméterek

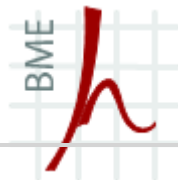
- 2,4 GHz-es ISM sáv
- Frekvenciaugratásos szórt spektrumú (FHSS)
- 1600 hop/s: 625 μ s-os időszeletek
- GFSK moduláció, 1Mszimbólum/s kb. 1 Mbps bitidő=1 μ s
- 79 (23) db. 1MHz-es vivő , $f=(2402+k)$ MHz , $k=0,1,..78$

Operating frequency bands:



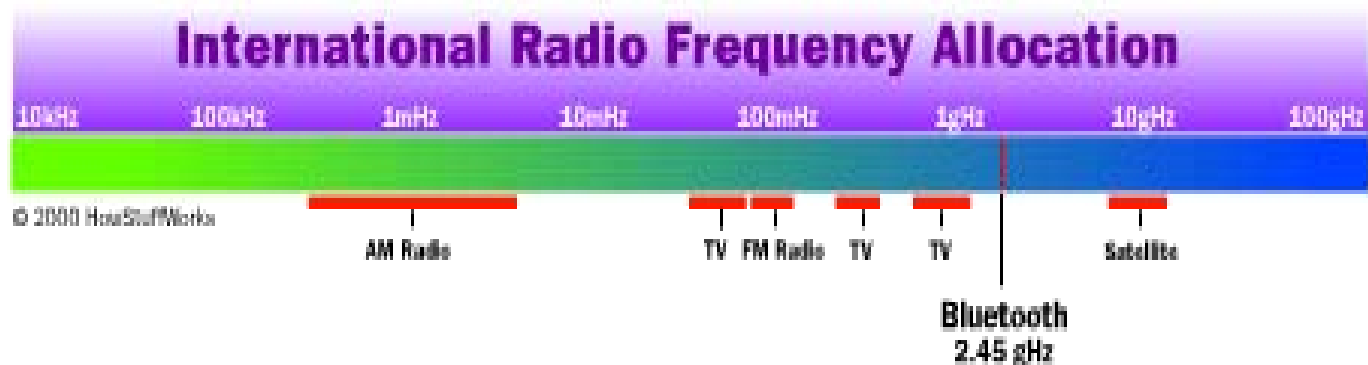
2.402 GHz

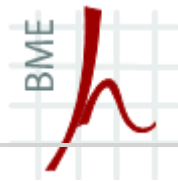
2.480 GHz



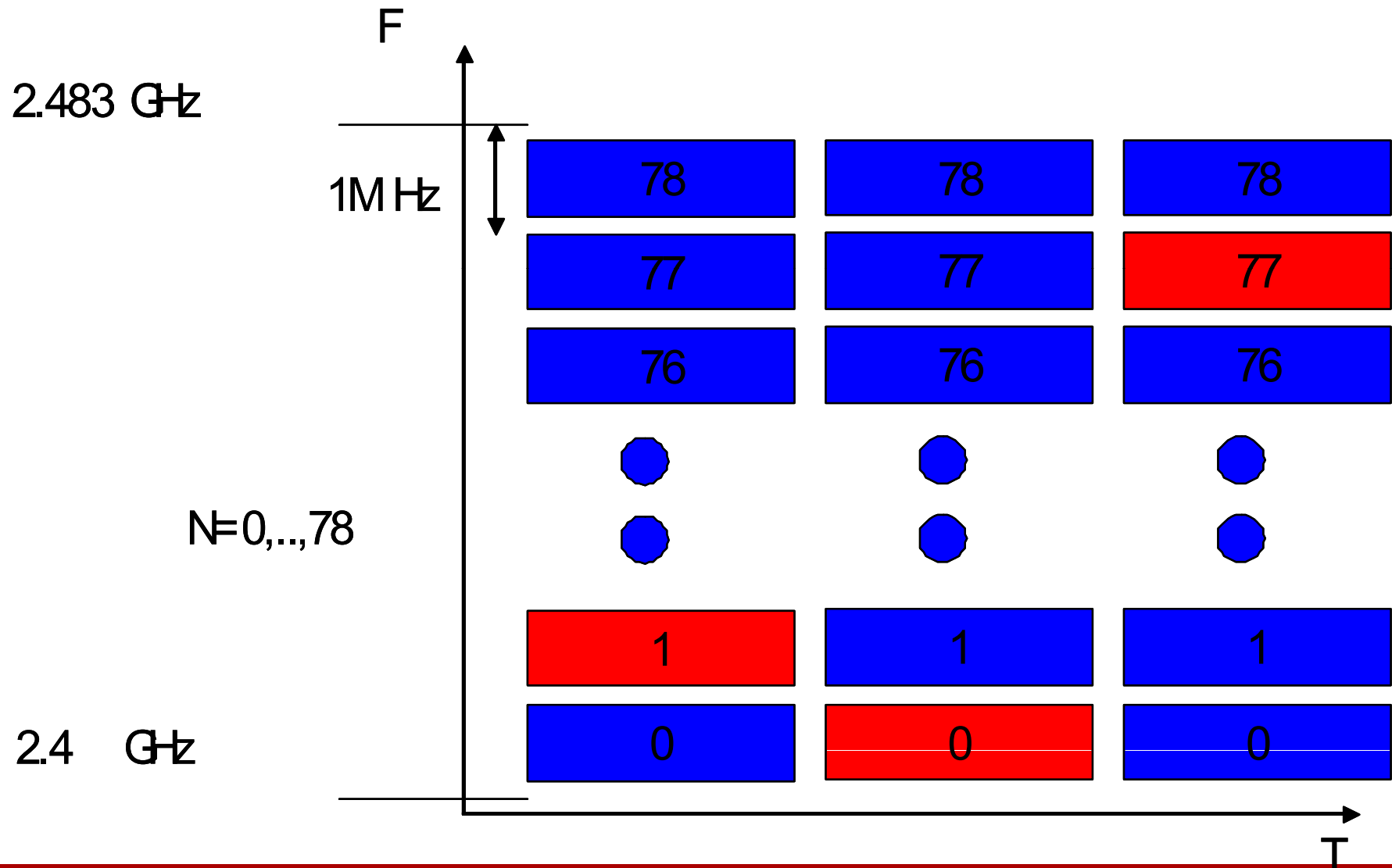
Fontosabb paraméterek

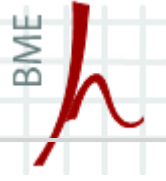
- Kb. 10m-es hatósugár
- Teljesítmény osztályok
 - class1: max 20dBm (100mW) – kb. 100 m hatósugár
 - class1: max 4dBm (2,5mW)
 - class1: max 0dBm (1mW)



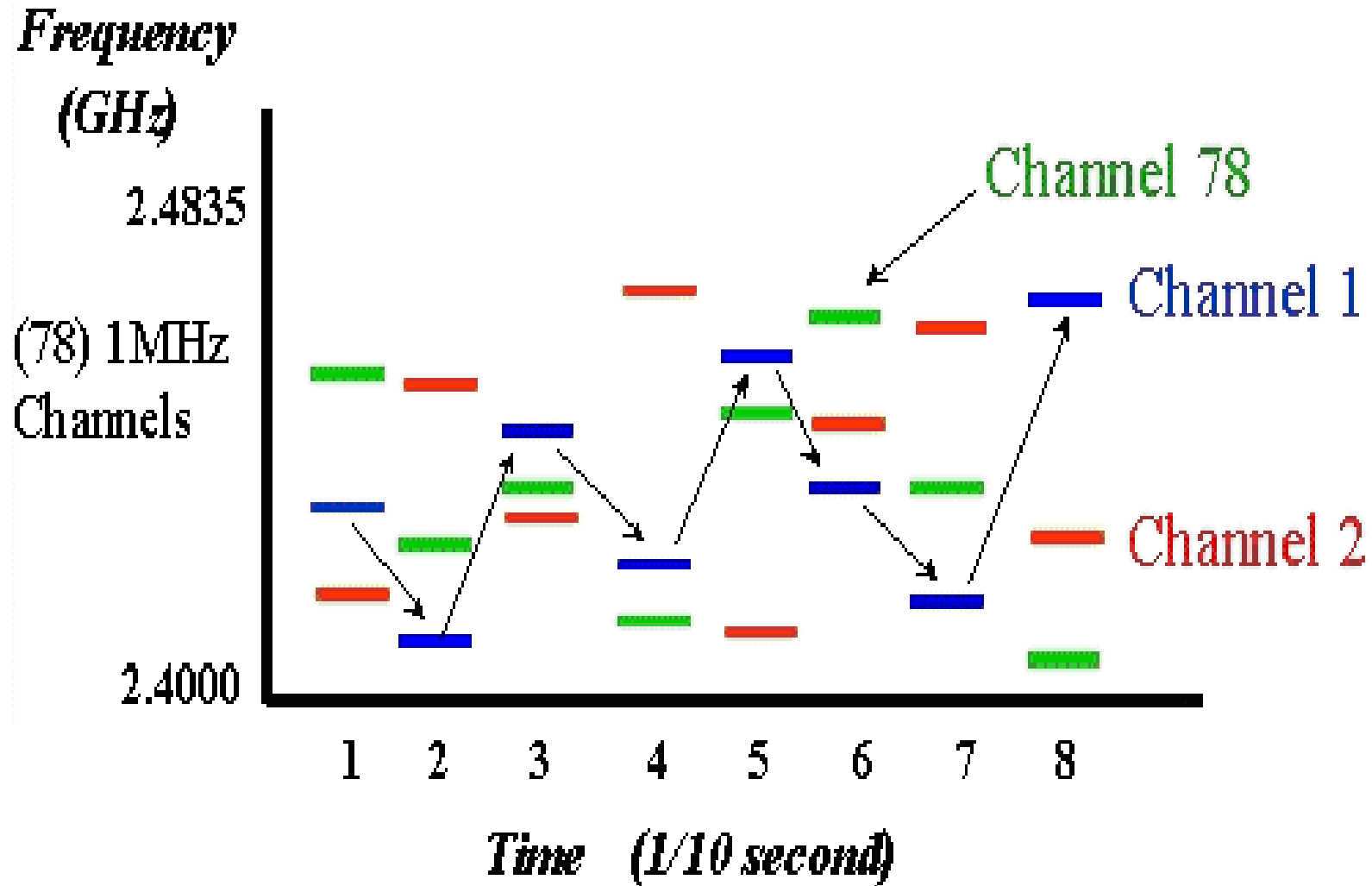


Frekvenciaugrítás



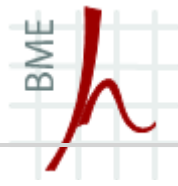


Frekvenciaugratus



Baseband: Feladatok

- Alapvető eljárásokat definiál a Bluetooth eszközök egymás közötti kommunikációjának megvalósításához.
- Definiálja a Bluetooth linket.
- Definiálja a Piconet fogalmát és létrehozásának módját.
- Definiálja a rádiós erőforrások megosztását piconeten belül.
- Definiálja a csomagformátumokat



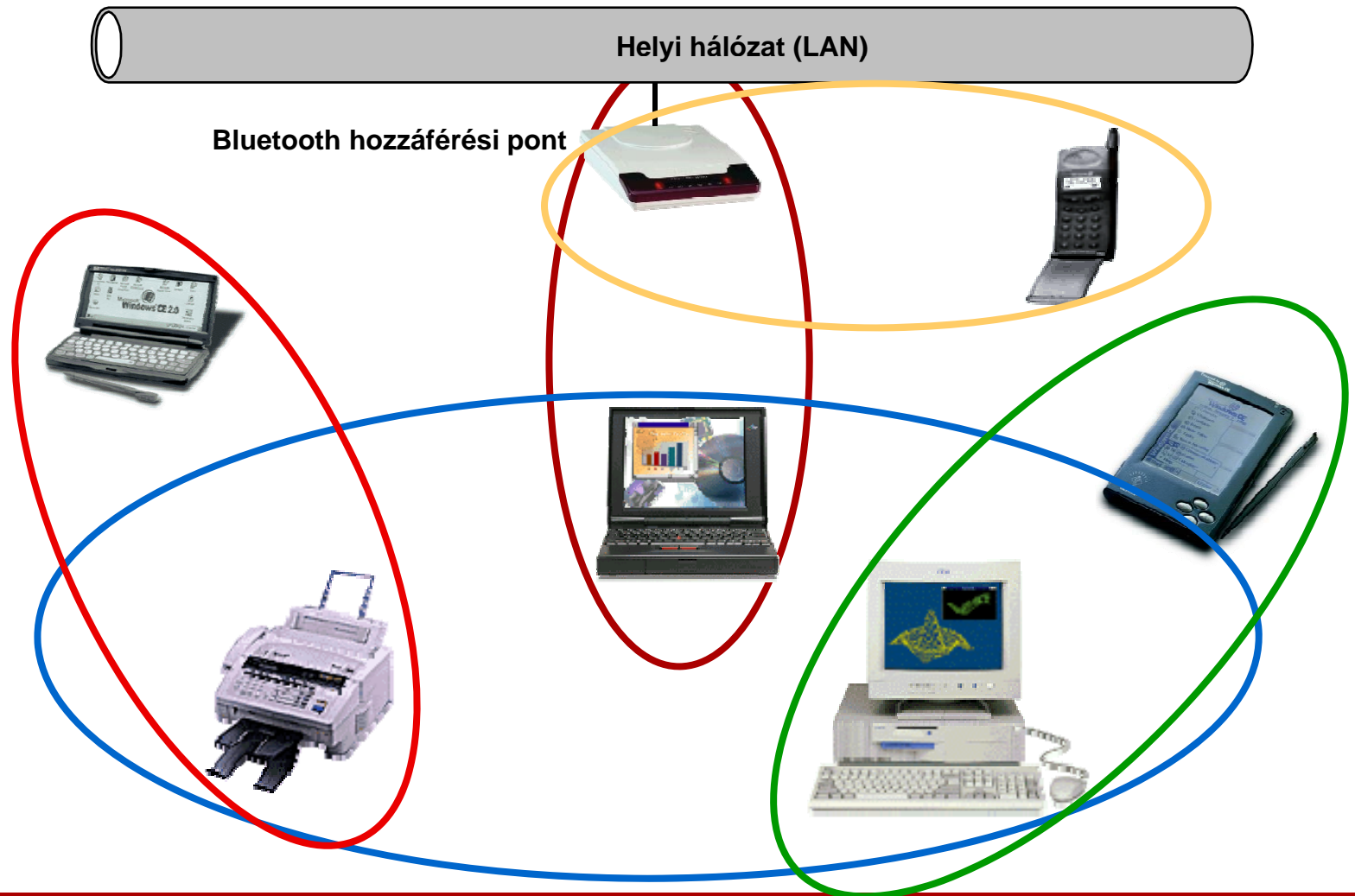
Bluetooth óra és cím

- Mindkét paraméter alapvető a sikeres kommunikációhoz.
- Óra
 - 28 bites, szabadon futó, $625/2=312,5\mu\text{s}$ -onként üt egyet, azaz hop-onként kettőt
 - 23,3 óránként ismétlődik
- Bluetooth Device Address (BD_ADDR)
 - IEEE 48 bites típusú cím, eszközönként egyedi, nem változtatható meg

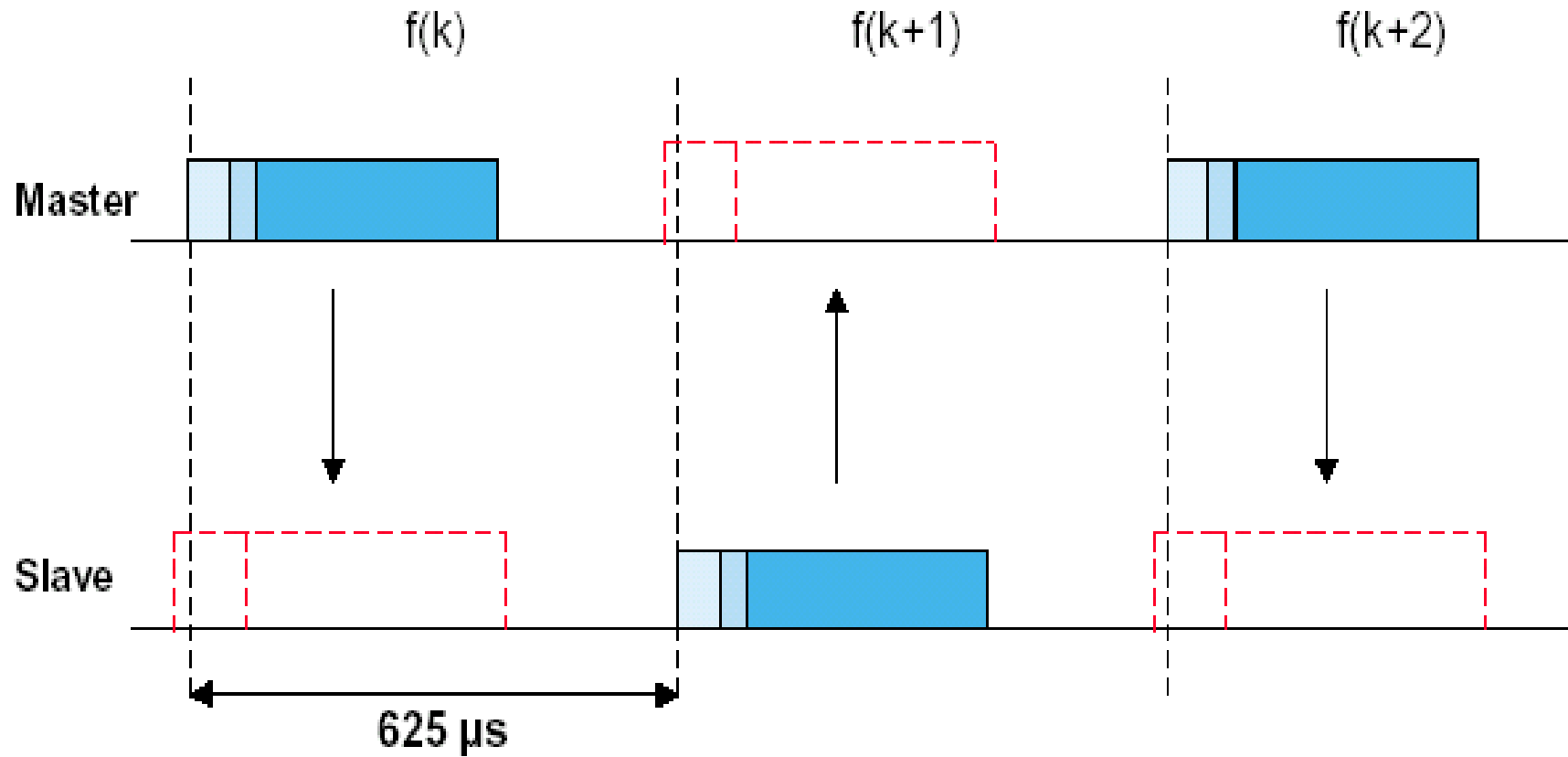
- piconet: Bt készülékek kommunikáló csoportja
- Ad hoc működés: a piconet automatikus mechanizmussal jön létre
- 1 mester (Master) és max. 7 szolga (Slave) egy piconet, szolga: aktív kommunikáló eszköz
- mester-ség, szolga-ság: időben változhat, adott piconetre vonatkozik
- A piconet tagjait az Active Member Address (AM_ADDR) azonosítja (3 bites)
- nem kommunikáló, de a mesternél regisztrált eszközből (parkoló) több is lehet
- egy piconetben sem regisztrált eszköz: standby
- egy eszköz több piconet tagja is lehet, egyikben slave, másokban master is lehet

- ilyen esetben a piconetek együtt egy scatternet
- piconet: egy adott álvéletlen freki ugratási sorozat, a piconet tagjai ismerik és szinkronizáltak a master órához (illetve a saját órájuk masterétől való eltérését ismerik)
- ugratási sorozat és akt. frekvencia a master címétől és órájától függ, egy eszköz csak egy piconetben lehet master (mellette több másokban slave)
- réselt: egy freki egy időrés (625 us)
- TDD: master (~DL) ad, slave ad (~UL) felváltva
- slave-slave kommunikáció nincs egy piconeten belül
- a leadott csomag belefér egy időrésbe
- köv. csomag az ugratási sorozastnak megfelelő frekvencián

Bluetooth piconetek



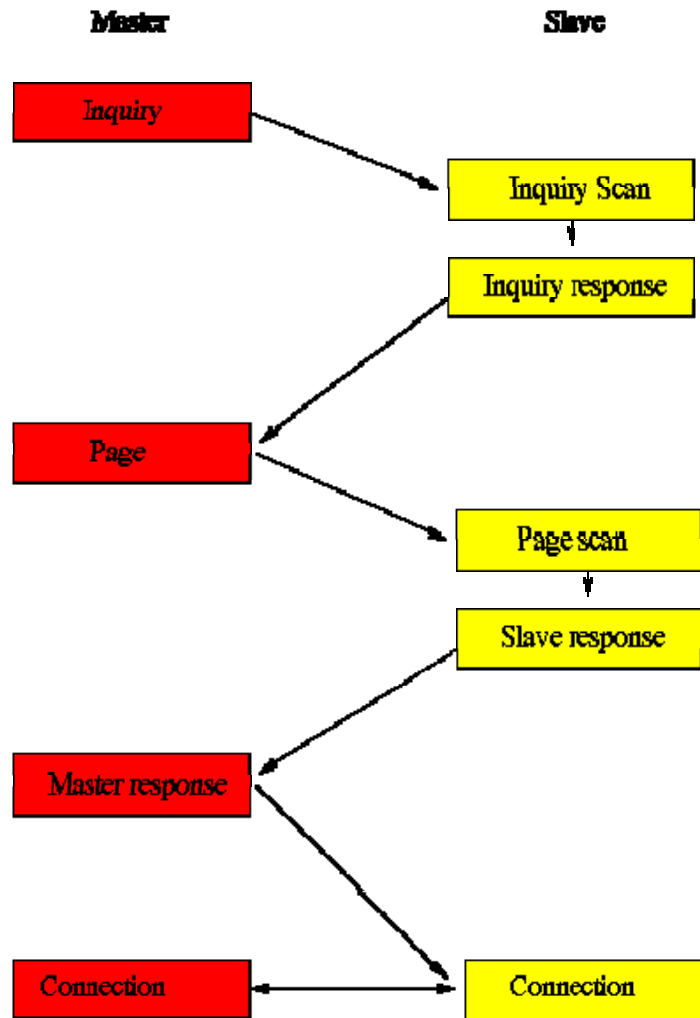
Frekvenciaugrás






Kapcsolat felvétel

- kommunikációhoz: master cím és óra ismerete szükséges
- a masternek is tudnia kell a szolgák azonosítóit
- két működési fázis szolgál erre: inquiry (kb. kérdezés) a közeli eszközök megtalálására és paging a mobilok meghívására egy adott piconethez

Inquiry és paging



- Inquiry: potenciális eszközök felderítése
- Paging: felderített eszközök behívása a piconetbe

			
Typical	5.12 s	0.64 s	0.1-300 minutes
Max.	15.36 s	7.68 s	-

- Fázisok: Inquiry (potenciális mester), Inquiry Scan (pot. szolgál), Response (pot. szolgál)
- speciális ugratási sorozatok 32 (16) hop-pal, min 256 szor ismétli, mielőtt váltja a sorozatot (General Inquiry Access Code (GIAC) és óra állapota alapján választva
- A felderítő minden fél részben ($312,5 \mu\text{s}$ -onként) frekvenciát vált, ahol egy speciális Inquiry csomagot küld el (*inquiry ID*).
- A figyelő állomás 1,28s (2,56s) intervallumonként vált frekvenciát.
- Inq csomag vétele után (0,1023) időrésnyi egyenletes valószínűséggel véletlen várás (ütközés elkerülésére), utána a 2. master ID után $625 \mu\text{s}$ -mal (lásd ábra) válasz, ugyanazon a frekvencián; hogy a mester át tudjon váltani figyelésre
- Válaszban Frequency Hopping Selection (óra, BD_ADDR, stb.)

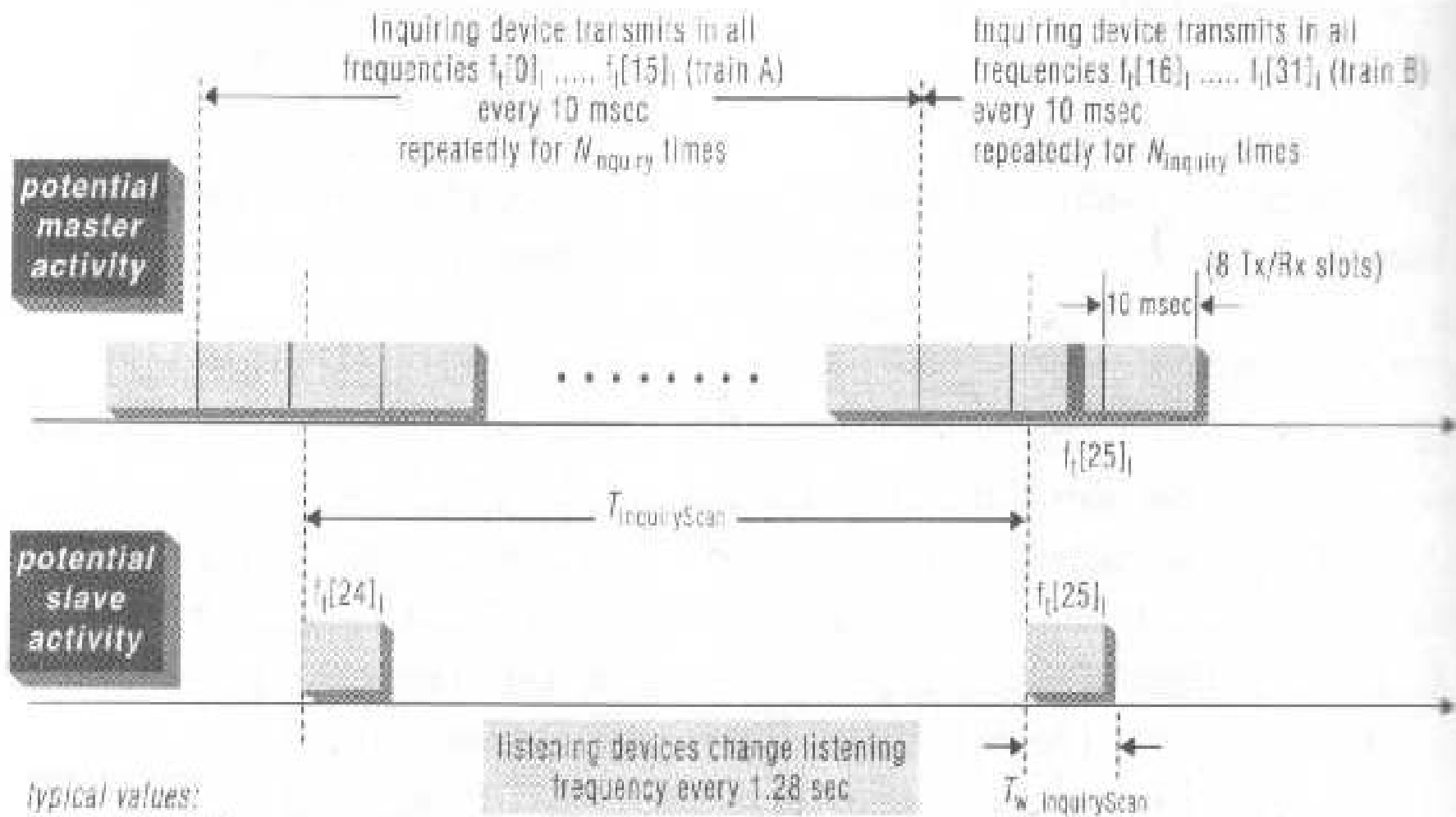


Figure 6.11

Fast frequency scanning for inquiries in a 79 channel country; $f_i[.]_i$ denotes the master transmit frequencies from the inquiry-hopping sequence.

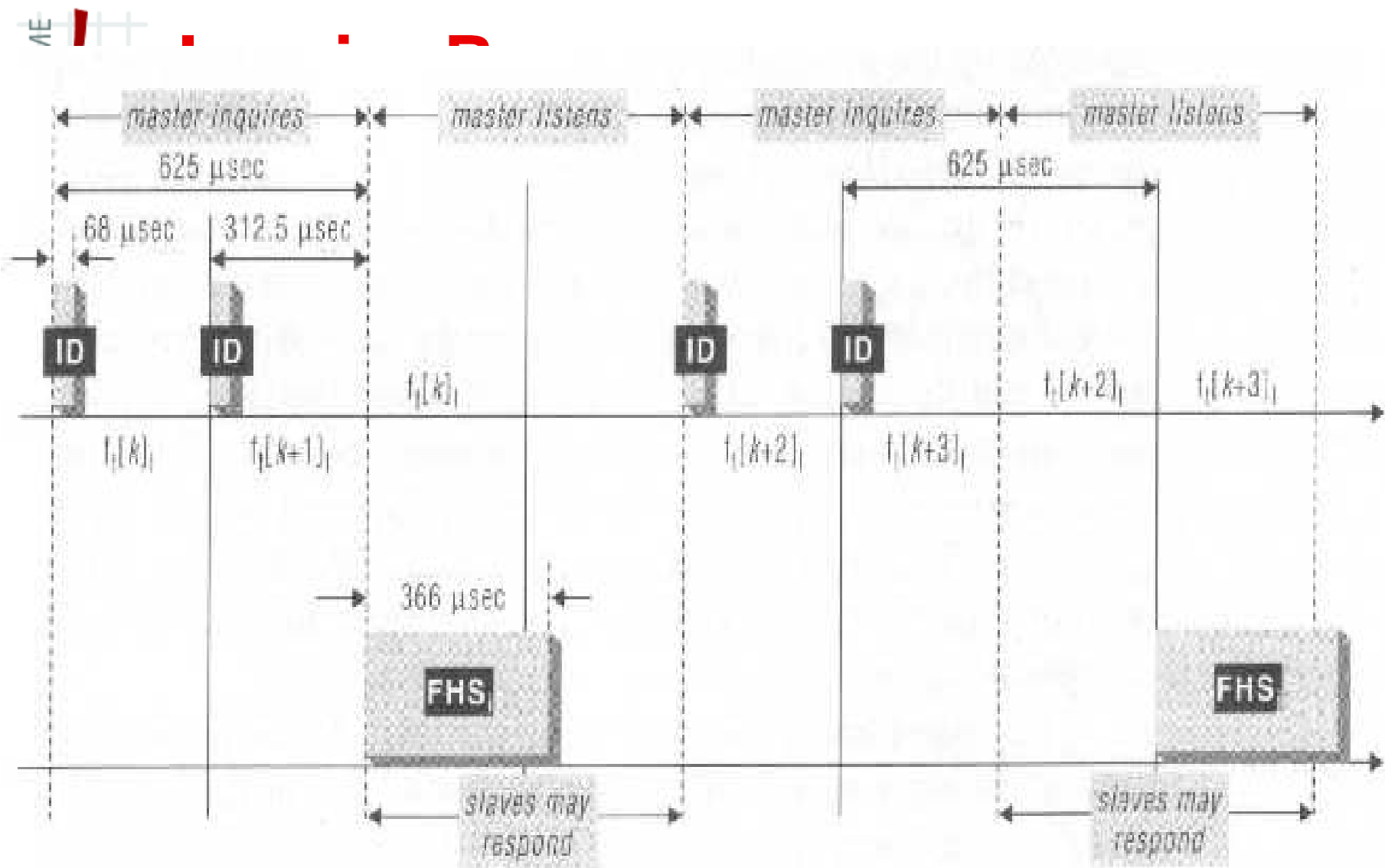
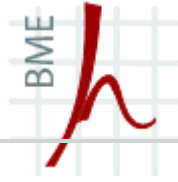


Figure 6.12

Inquiry transmission sequences; $f_r[\cdot]_i$ denotes the master receive frequencies from the inquiry-hopping sequence corresponding to $f_t[\cdot]_i$.



Paging

- Fázisok: Page (mester), Page Scan (szolga), Master Response (mester), Slave Response (szolga)
- Előre definiált speciális ugratási sorozatok 32 (16) hop-pal
- A felderítő minden fél részben ($312,5 \mu\text{s}$ -onként) frekvenciát vált, ahol egy speciális Paging csomagot küld el (*slave ID*). Hasonlít az Inquiry-ra, de mivel a mester ismeri a szolga paramtereit, ezért hamarabb össze tudnak szinkronizálni.
- A figyelő állomás 1,28s (2,56s) intervallumonként vált frekvenciát.

- Válasz az ID után $625 \mu\text{s}$ -mal (lásd ábra)
- Válaszban nyugtázás történik a *slave ID* csomag segítségével. Ezzel a szolga félrés szinkronba kerül
- Erre a mester egy FHS-sel válaszol, hogy megadja a piconet paramétereit a szolgának. Ezzel a szolga teljes rés szinkronba kerül.
- Ezt a szolga egy újabb *slave ID* csomaggal nyugtázza.
- Ezt követően indulhat a kommunikáció.

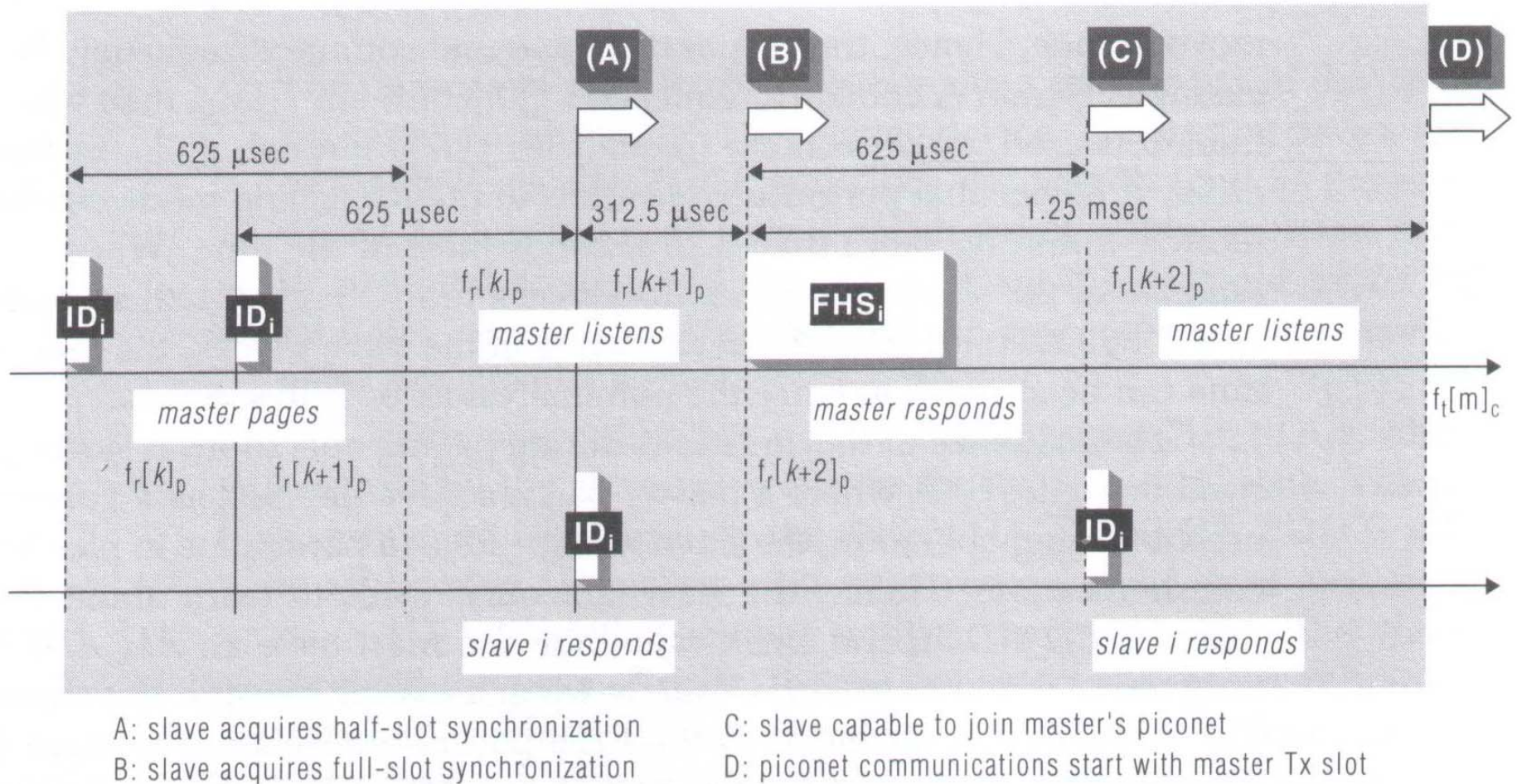
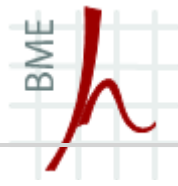


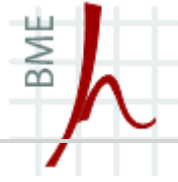
Figure 6.13

Page transmission sequence. $f_t[.]_p$ and $f_r[.]_p$ denote the corresponding master transmit and receive frequencies, respectively, from the page-hopping sequence and $f_t[.]_c$ denotes a master transmission frequency from the channel-hopping sequence.



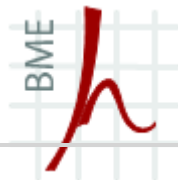
Link típusok

- SCO (Synchronous Connection Oriented)
 - szimmetrikus,
 - vonalkapcsolt,
 - pont-pont kapcsolatok számára
 - max 3 db egy piconetben
 - fix időközönként foglalnak le réspárokat (up/down), így garantált időközönként adáshoz a szolgák
 - Háromféle egyréses beszédcsomagok, 64 kbps-os hangátvitelhez, NO, 2/3, 1/3 FEC lehetséges
 - ugyanakkor beszédre nincs csomagismétlés

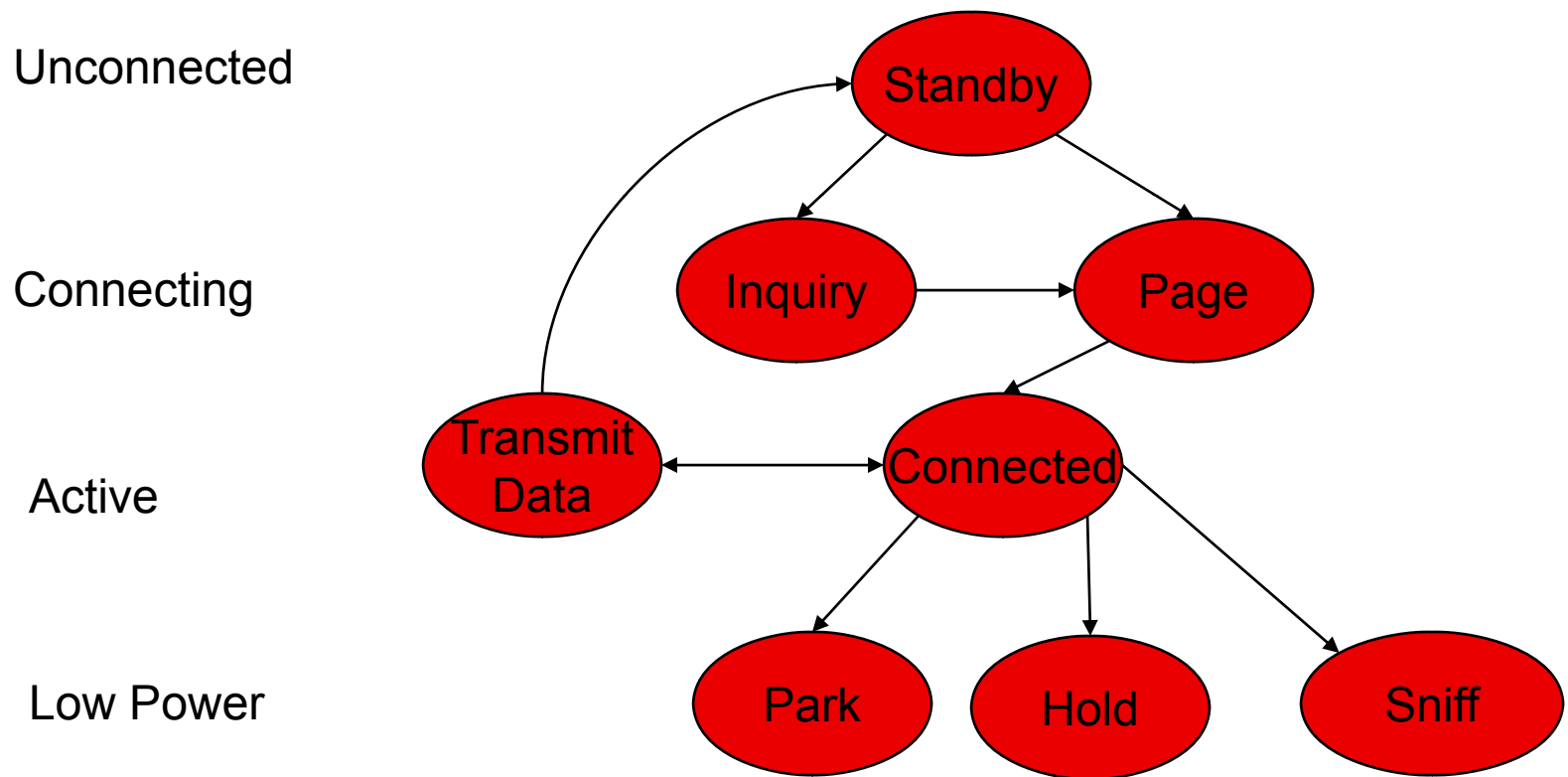


Link típusok

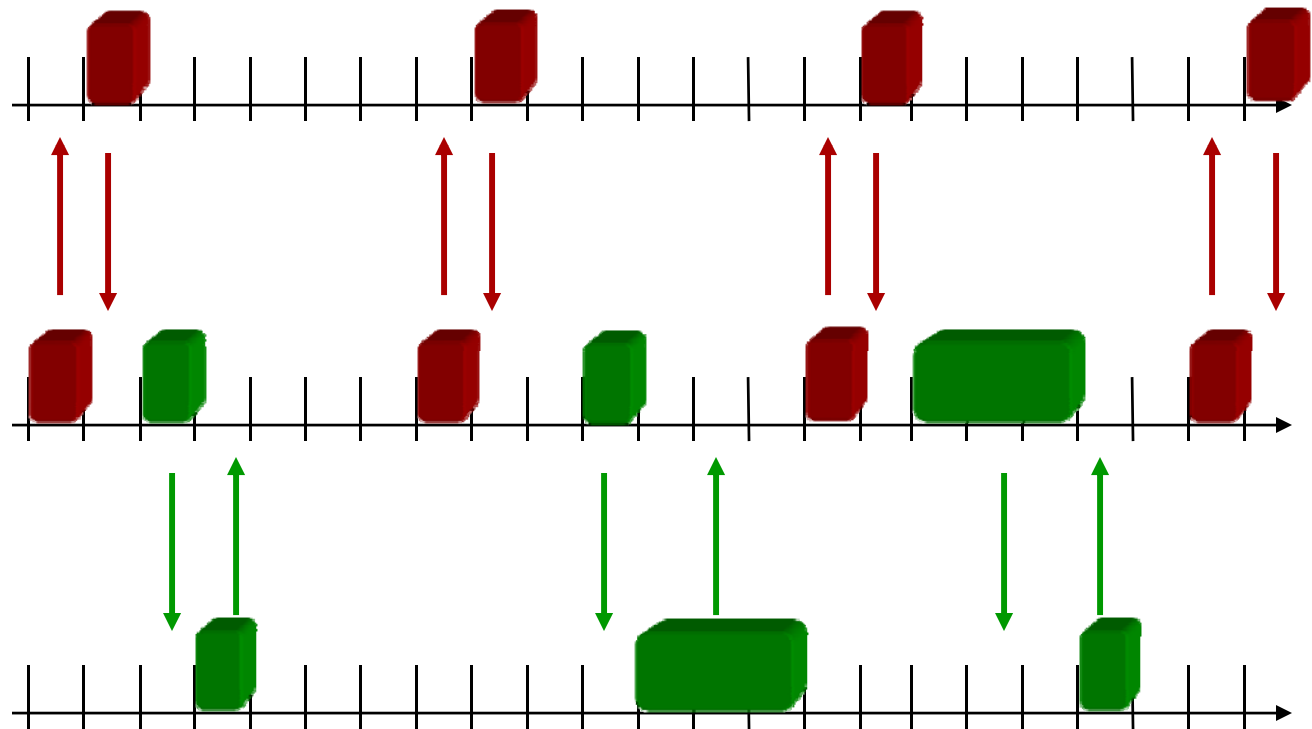
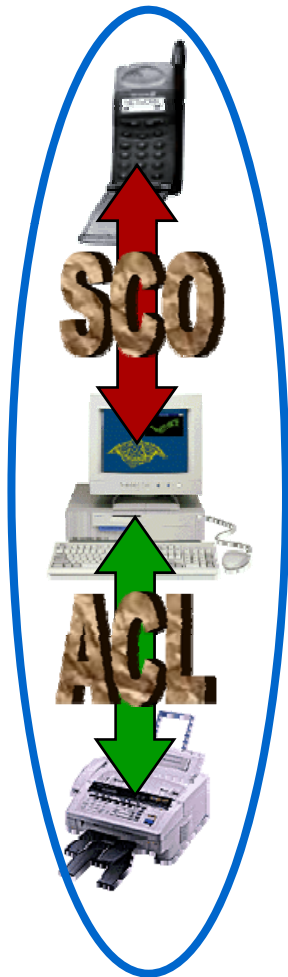
- ACL (Asynchronous ConnectionLess)
 - szimmetrikus, vagy aszimmetrikus
 - csomagkapcsolt,
 - pont-multipont börsztös adatkapcsolatok számára
 - best effort link, 1/eszköz
 - a mester implicit (a kérés maga a downlink csomag) pollingal kérdezi le a szolgákat
 - 1-3-5 réses csomagok lehetségesek
 - NO, 2/3, FEC lehetséges
 - adatra gyors ARQ: a vett downlink csomagot ellenőrzi a szolga és a kapcsolódó uplink csomagban jelzi ha hibát talált.



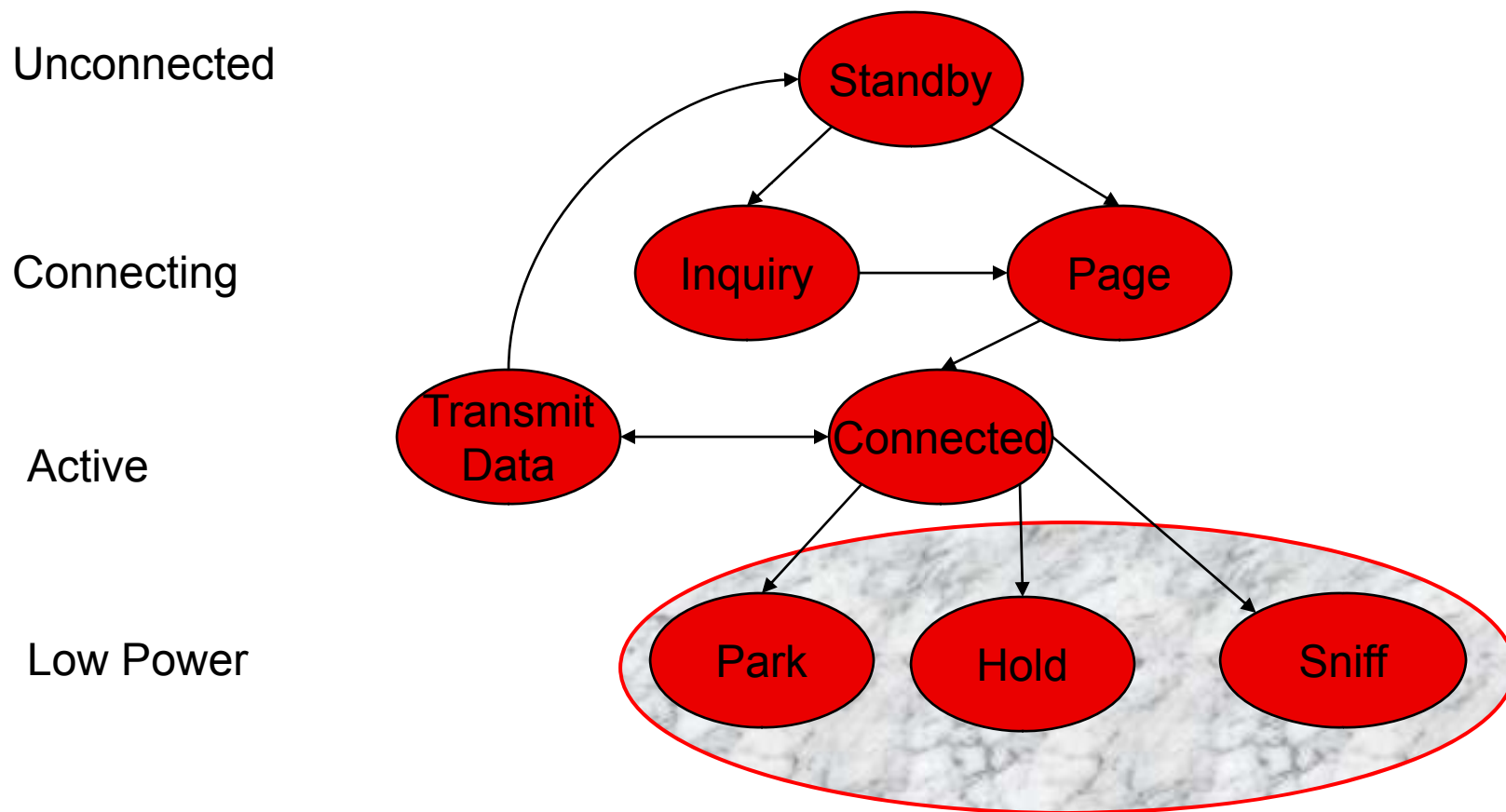
Üzemmodok, állapotok



SCO és ACL összeköttetések



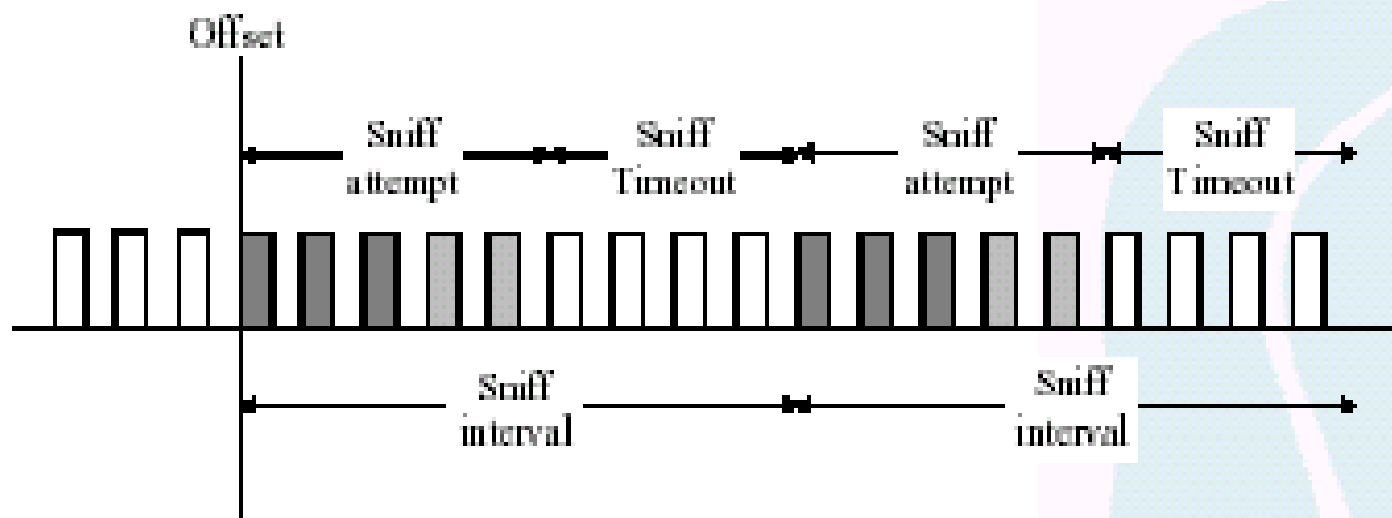
Üzemmodok, állapotok



Reljesítmény kímélés

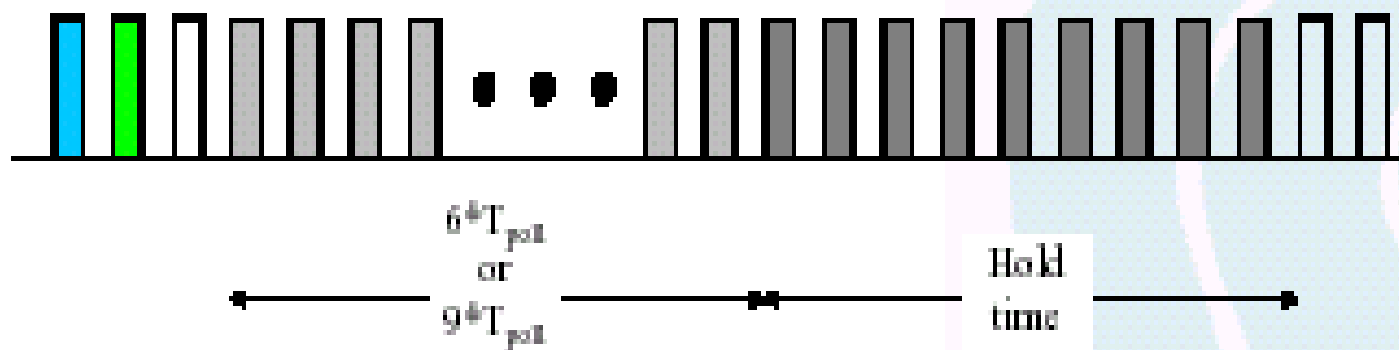
Sniff mode

- To reduce the duty cycle of the slave's listen activity by only listening in specified slots
- parameters of sniff mode are negotiated between master and slave
- master can start transmission only in the sniff attempt interval



Hold mode

- Hold mode stops ACL traffic for a specified period of time; it does not affect SCO traffic
- parameter hold time is negotiated. After hold time, slave «wakes up»



Park mode

- Slave gives up its AR_ADDR (3 bit), gets PM_ADDR (8 bit)
- slaves wakes up periodically in predefined intervals to listen to the channel to synchronize and listen for broadcast messages
- clock drift

