



第三讲 无线个域网及Bluetooth

WPAN与IEEE802.15

□ 主要内容

- WPAN概述

- 蓝牙体系

- 蓝牙的核心协议

 - ✧ 蓝牙无线电层

 - ✧ 蓝牙基带

 - ✧ 蓝牙链路控制

 - ✧ 蓝牙L2CAP

 - ✧ 蓝牙SDP

 - ✧ 其他

- 蓝牙的profile

□ 理解蓝牙的profile

□ 理解蓝牙L2CAP

□ 理解蓝牙baseband

□ 掌握蓝牙的协议体系

□ 掌握蓝牙的基本概念

无线个域网络

- ❑ 无线个域网络(Wireless Personal Area Network)
 - 所有个人移动设备可通向外部世界的无线传输环境。
 - 蜂窝电话、汽车、笔记本、键盘、麦、鼠标、耳机。。。



bluetooth的历史

- ❑ 1994 Ericsson发起multi-communicator link的研究;
- ❑ 1998成立了特别兴趣小组（SIG）并更名bluetooth
 - 成员：Ericsson、IBM、Intel、Nokia、Toshiba
 - 目标：将计算、通信设备以及附加设备通过短程、低耗、低成本的无线电波连接起来
 - 发展：Lucent、3Com、Microsoft和Motorola加入SIG；现SIG成员超过2500个；
- ❑ 1999 Bluetooth 1.0发布；
- ❑ 2002 IEEE采纳了bluetooth的物理层和数据链路层，发布了IEEE802.15.1；

为什么叫“bluetooth”

❑ Ericsson借用了Harald Gormsson的昵称
blatand → “Bluetooth”

- 丹麦的国王（ A.D.940 ~ 986 ）
- 统一了丹麦（958）和挪威（970）



❑ 寓意统一不同制造商的不同设备

- Harald把基督教带到斯堪的纳维亚
- Harald统治了丹麦和挪威
- 笔记本和手机的无缝通信



正面



背面

❑ 2000年5月发布了蓝牙应用新图标



bluetooth是什么?

❑ 蓝牙是无线技术规范

- 短程：最大传输距离10m（高能达到100m）
- 性能中等：721Kbps
- 动态配置：自组联网/漫游
- 低能耗(< 2.5mW)：适用于手持应用
- 模块大小：9x9 mm
- 支持语音和数据传输



bluetooth的应用

❑ 蓝牙好在哪里？

- 没有线缆连接时！

- 个域网 (PAN)

 - ✧ 使得一组个人设备协同工作

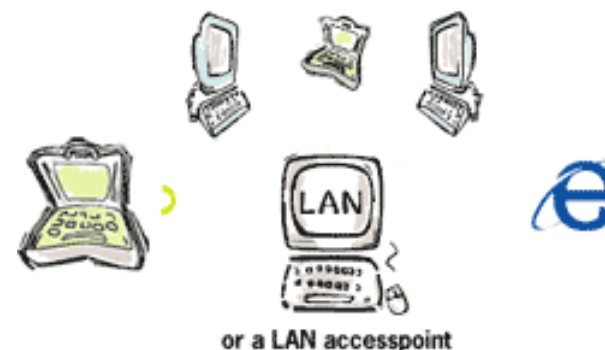
- 位置感知服务(例如：漫游)

 - ✧ 仅在有限范围内并且需要时访问额外资源

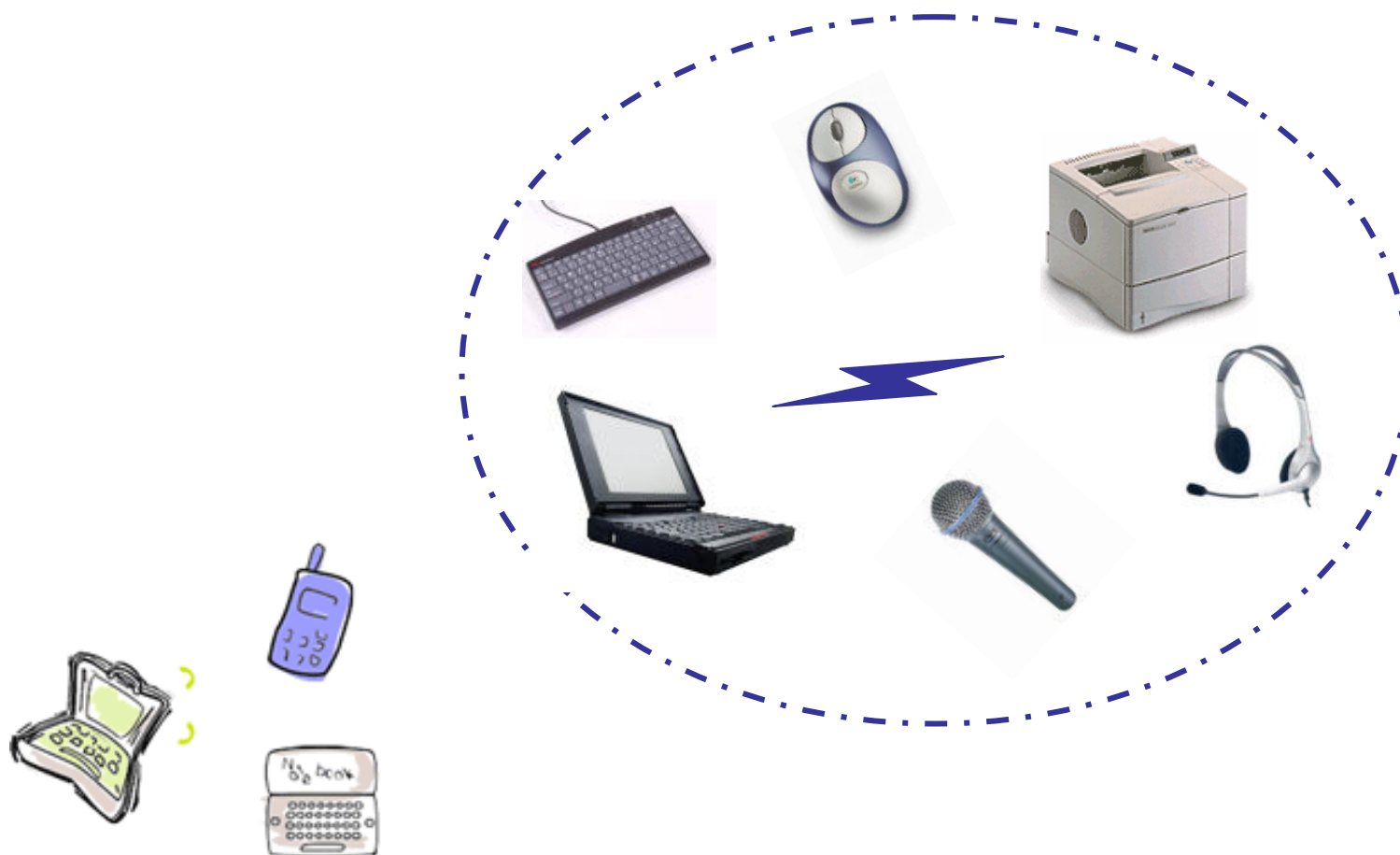
- 充当进入Internet的桥梁

- 构建居家网络

- 运动中组网

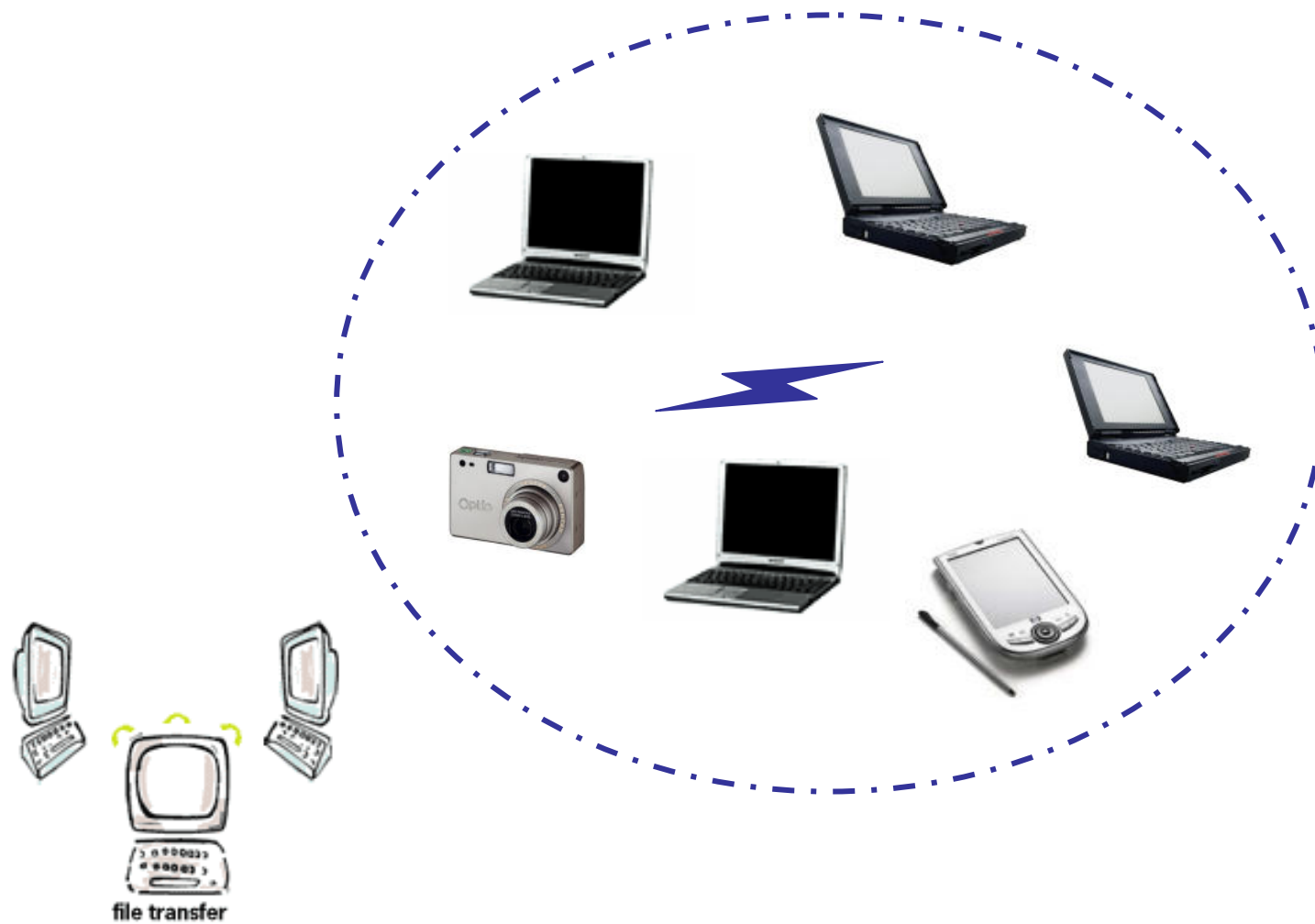


连接计算机以及其他外部设备



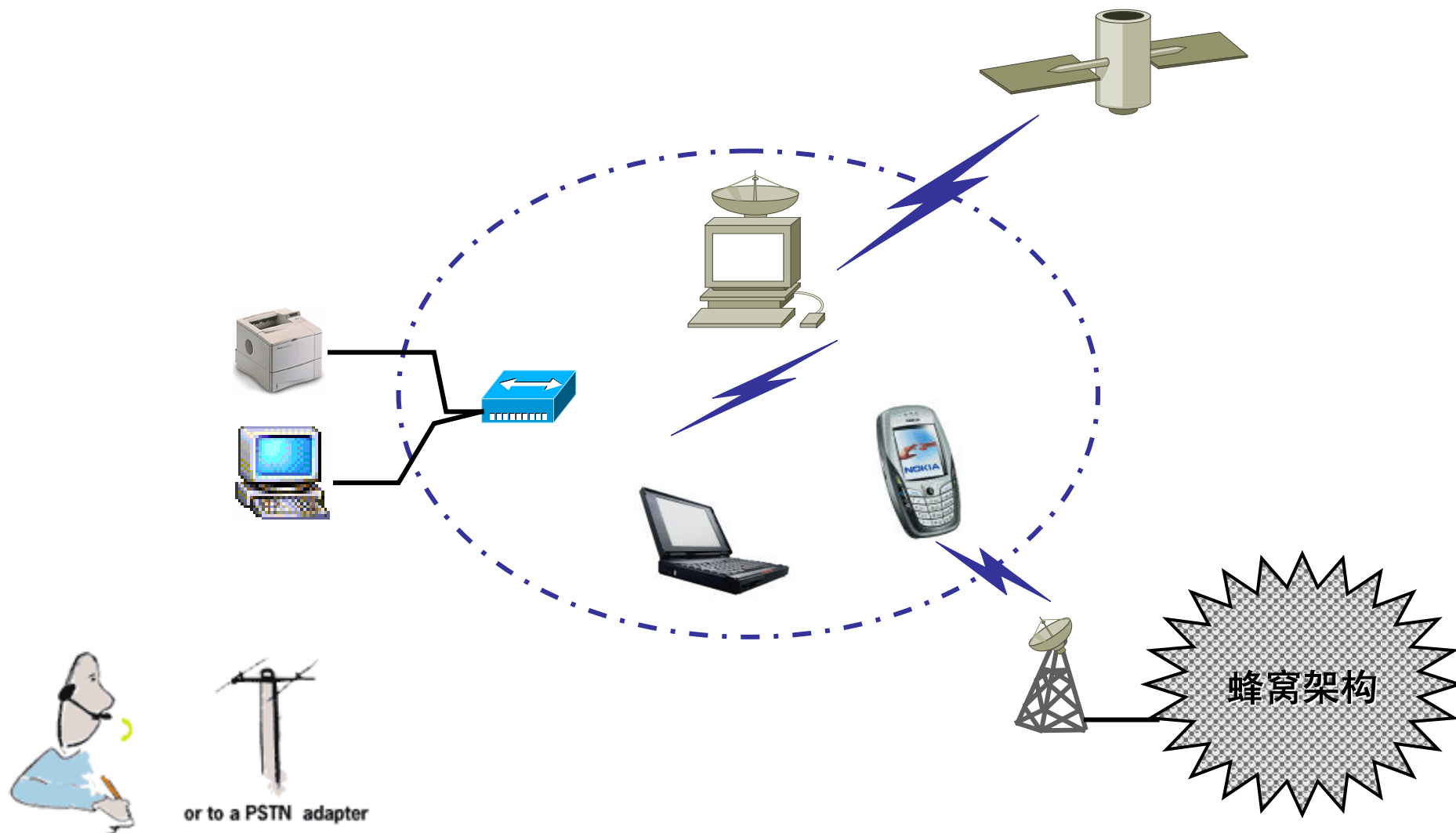
- 整洁办公空间
- 需要电池供给能量

支持自组织网络

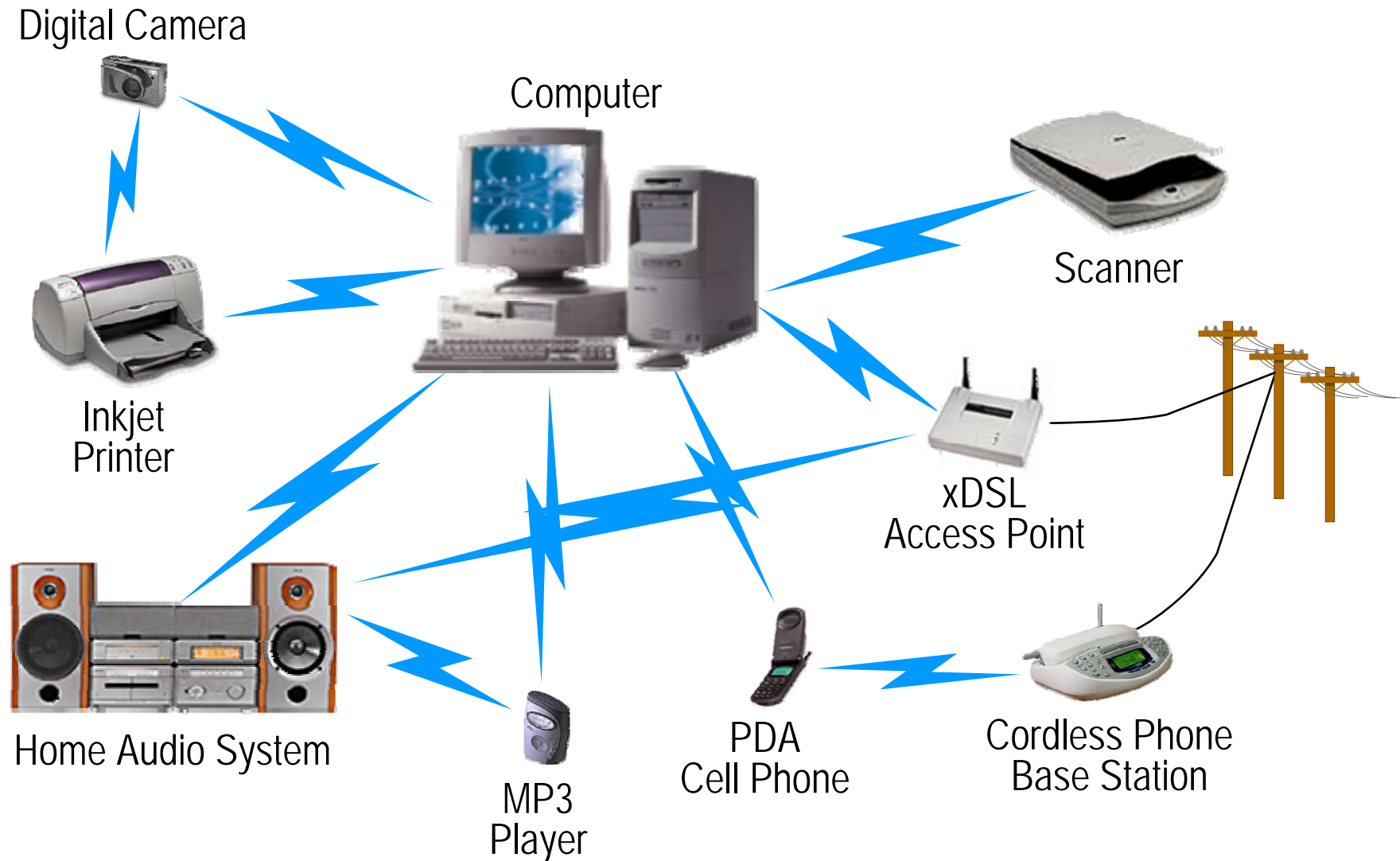


- 临时性
- 不需要802.11适配器

充当访问Internet的接入点



构建居家网络环境



运动中的连接

Car Audio System



计算机产品中的蓝牙

□ 计算机设备

- 笔记本
- PDAs
- 桌面PC
- 宽带接入点
 - ✧ Ethernet/xDSL/cable
- 打印机
- 扫描仪
- 视频播放器

IDC报告指出到2010年笔记本电脑将有57%配置蓝牙

□ 计算机应用

- 外设连接
 - ✧ 打印机/扫描仪/视频播放器
- 网络接入
 - ✧ 宽带接入点
 - ✧ 分组无线蜂窝电话
- 文件同步操作
 - ✧ 日历/联系管理
- 文件传输
 - ✧ vCards/MP3/数字图片

电话和消费类产品中的蓝牙

□ 电话设备

- 蜂窝耳麦
- 无线耳麦
- PSTN接入点
 - ✧ 投币电话
 - ✧ 酒店/居家电话

□ 消费类设备

- 机顶盒
- 数码相机
- MP3播放器
- 家庭音响

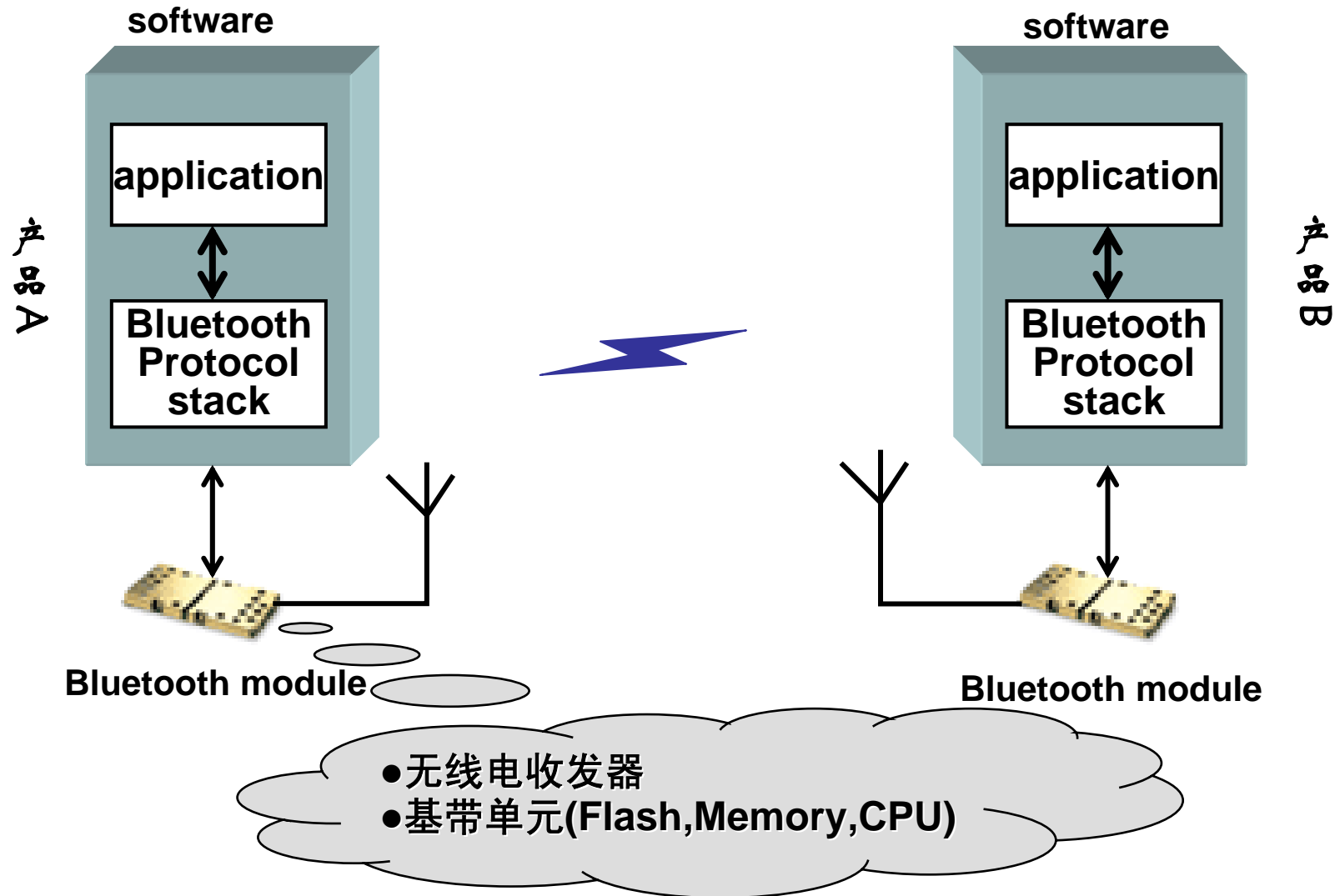
□ 电话应用

- 免提使用
- 文件同步操作
 - ✧ 日历/联系管理
- 语音和数据的线路

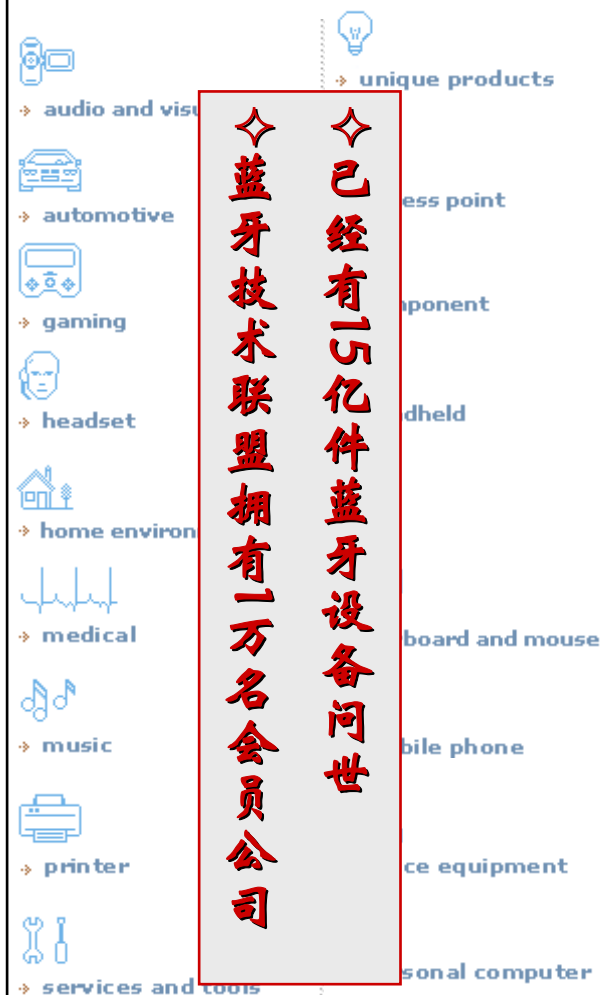
□ 消费类应用

- 文件传送
 - ✧ MP3/数码相片
- 外设连接
 - ✧ 键盘/鼠标打印机

bluetooth系统



Bluetooth应用实例



(<http://www.bluetooth.com/products/index.js>)



IEEE 802.15 系列

WPAN/Bluetooth TG1

Bluetooth(中等速率)

Coexistence TG2

WPAN和WLAN的并存

UWB(480M~1.3G)

WPAN/High Rate TG3

- ◇ 高速率(>20Mbps)
- ◇ 低能耗、低成本
- ◇ 数字音像和多媒体

WPAN/Low Rate TG4

感知位置

- ◇ 低速率(250Kbps)
- ◇ **Sensor**
- ◇ 交互玩具
- ◇ 智能证章
- ◇ 远程控制
- ◇ 家庭自动控制

WPAN/Bluetooth TG5

Mesh network


ZigBeeTM Alliance
Wireless Control That Simply Works

Bluetooth传输特性

- ❑ 2.4GHz ISM频带
- ❑ 传输距离为10m~100m
- ❑ 连接便携式和固定设备
- ❑ 点一点和点一多点模式
- ❑ 数据速率
 - 同步（电路交换技术）
 - ✧ 64kbps
 - 异步（分组交换技术）
 - ✧ 433.9kbps(对称)
 - ✧ 723.2kbps(非对称)

Bluetooth拓扑结构

❑ 点-点模式

- 两个蓝牙设备直接通信

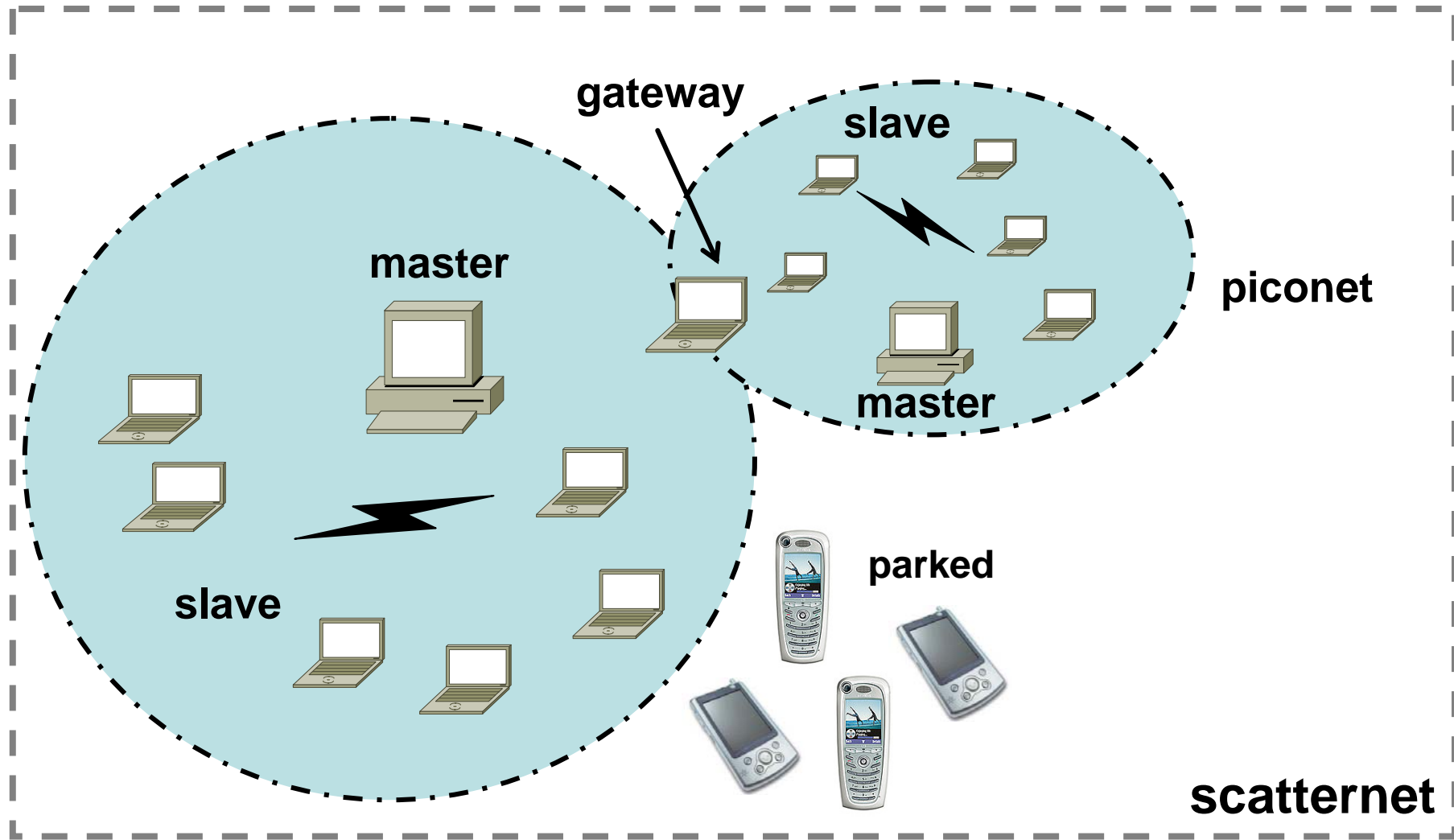
❑ Piconet（微网）

- 共享相同信道
- 8个蓝牙设备可在小型网络内通信

❑ Scatternet（散网）

- 多达256个piconet可连接成更大的网络

Bluetooth拓扑结构 (续)



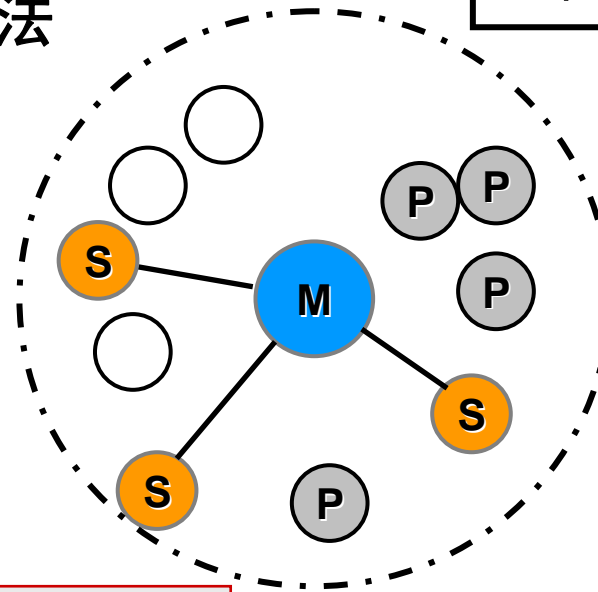
Bluetooth的piconet

□ Piconet的组成

- 1个Master节点控制FH通信的同步
- 7个Slave节点
- 255个非活跃Parked*
- ✧ 遵循master的跳频算法
- Stand by*

Master控制所有活跃节点和parked节点的信道访问。

节点的操作状态

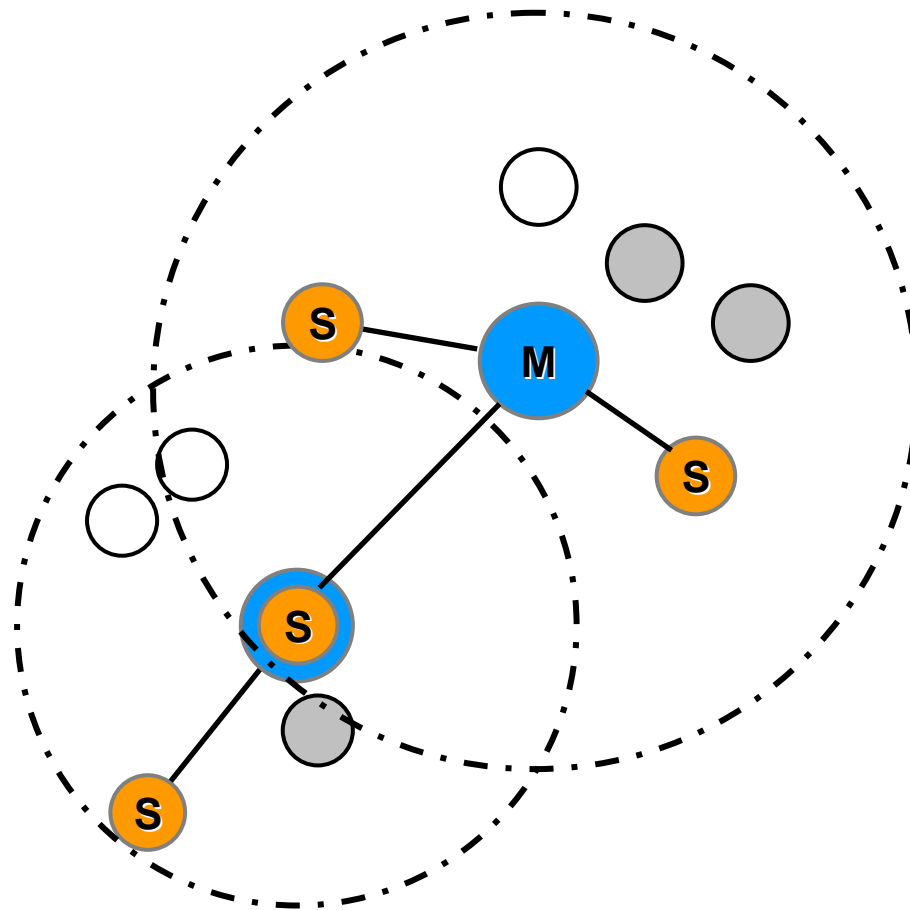


一个Piconet内的设备共享逻辑信道和数据传输。

Bluetooth的Scatternet

- 时间和空间层叠的多个 piconets 组成一个散网
 - 几个 masters 连接到同一个 slave
 - 一个 master 可以是另一个网络的 slave

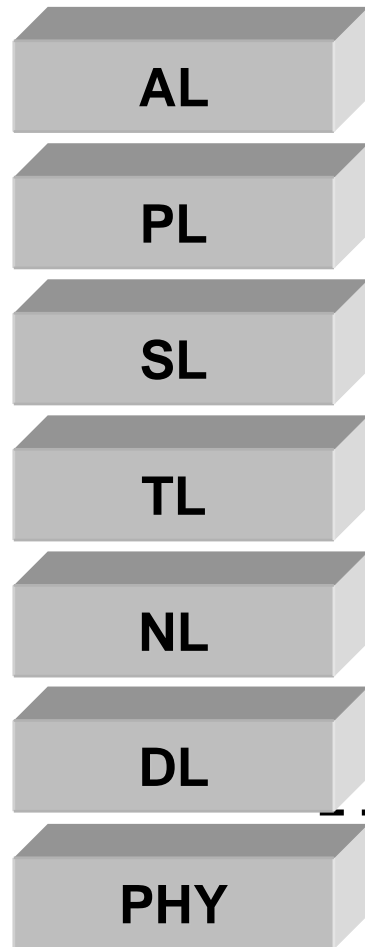
标准只定义了 scatternet 的概念，并没有给出构造 scatternet 的机制。



一个 scatternet 内的所有设备共享物理区域和全部带宽。

IEEE802.15.1 与 bluetooth

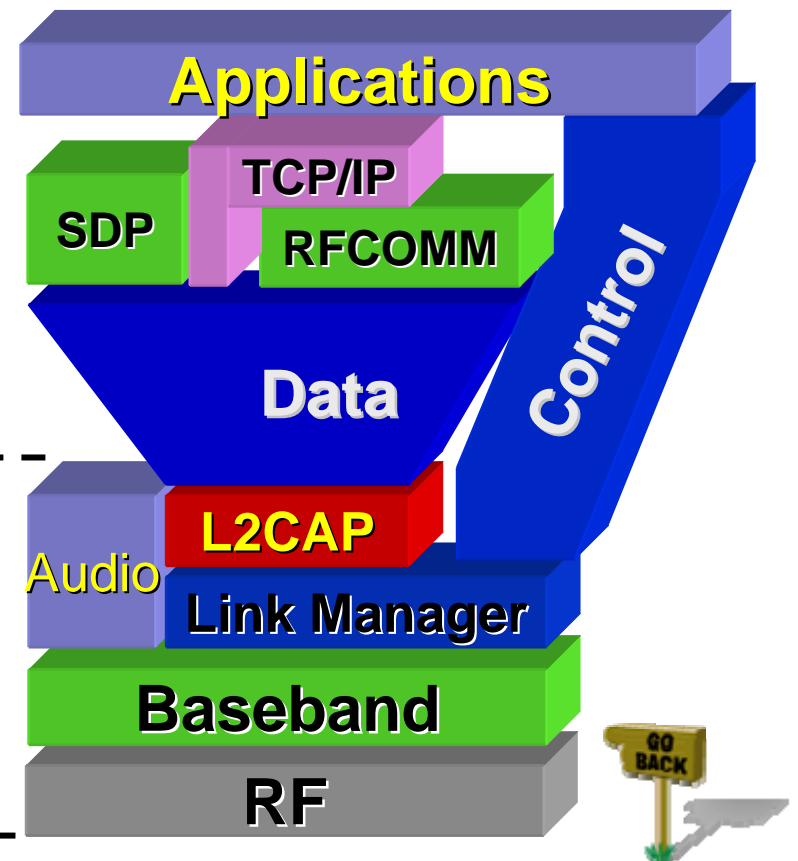
OSI 参考模型



IEEE 802参考模型



Bluetooth体系



Bluetooth的无线电层

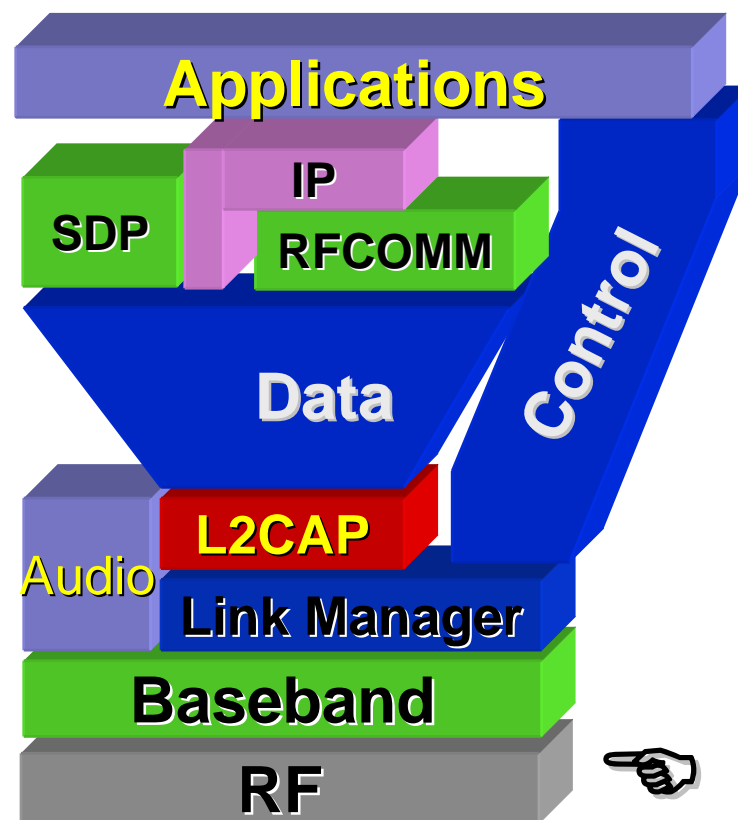
□ 规范

- 定义了载波频率和输出功率

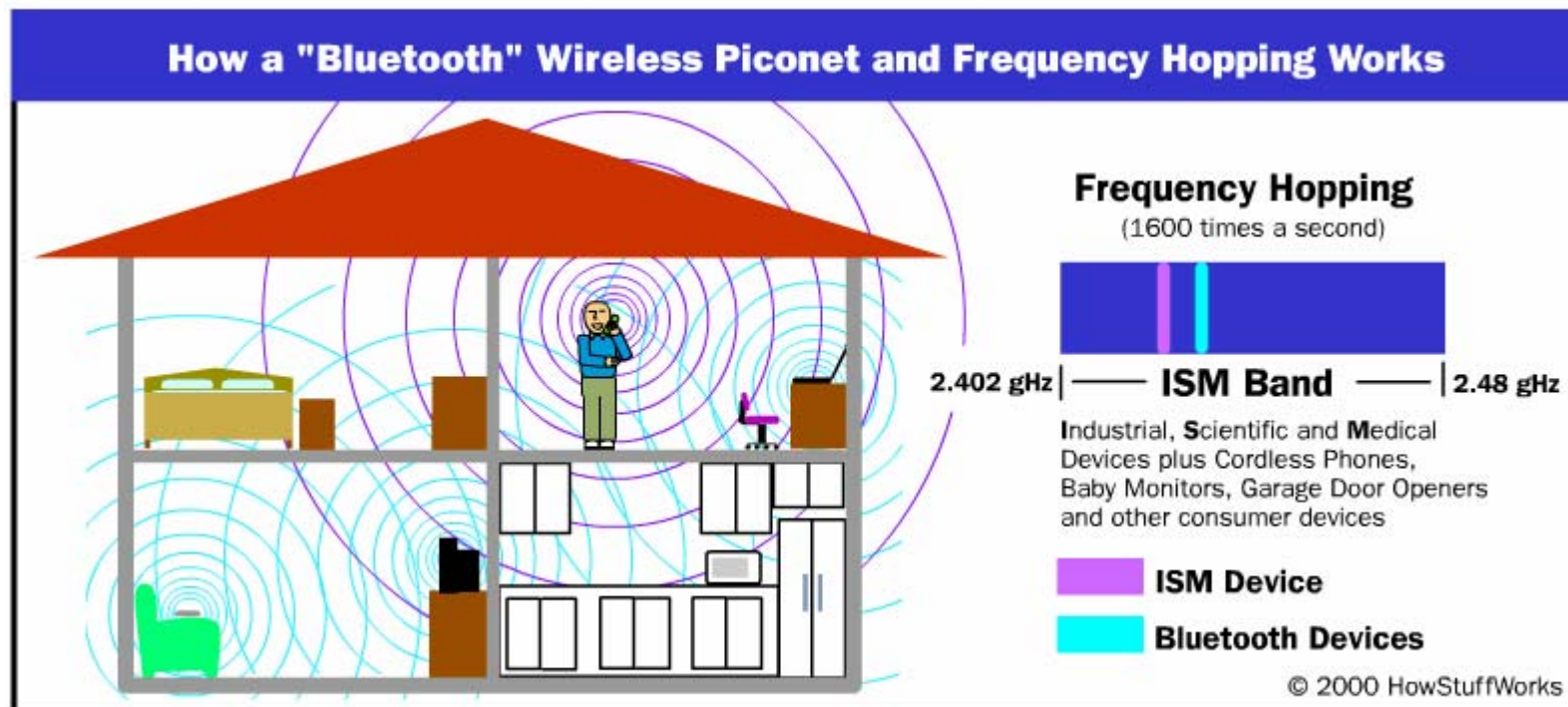
□ 特点

- 低功率
- 2.4GHz的ISM
- 79个信道1MHz
- 跳频扩频技术1600/s
- 收发器的能量分3级

Piconet访问: FH-TDD-TDMA



Bluetooth 采用跳频扩频技术



Bluetooth的基带层

□ 基本功能

○ 执行跳频

✧ 调频速率1600次/秒

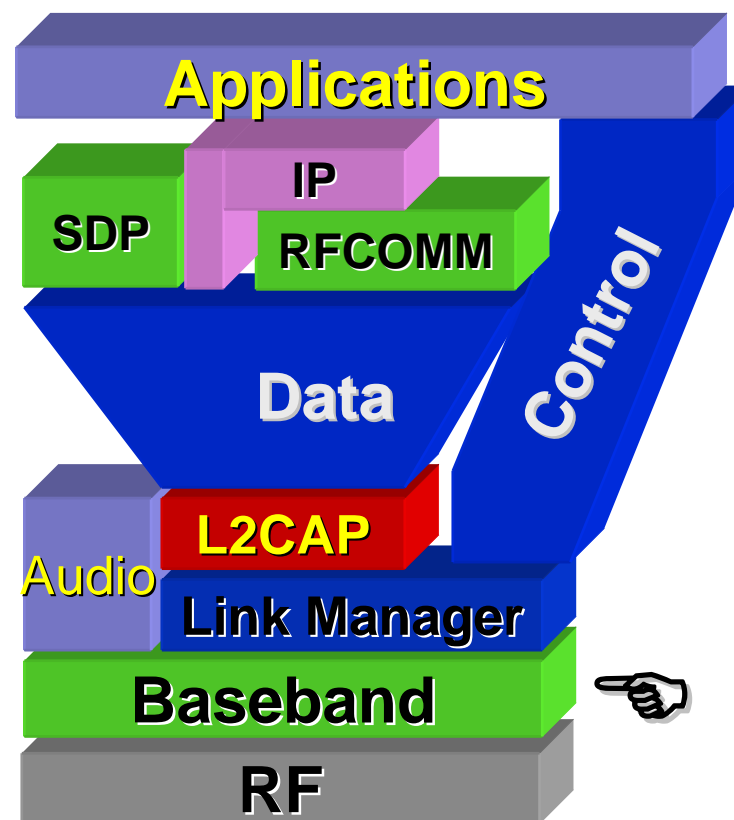
✧ 物理信道的时间槽
0.625ms

○ 实现介质访问

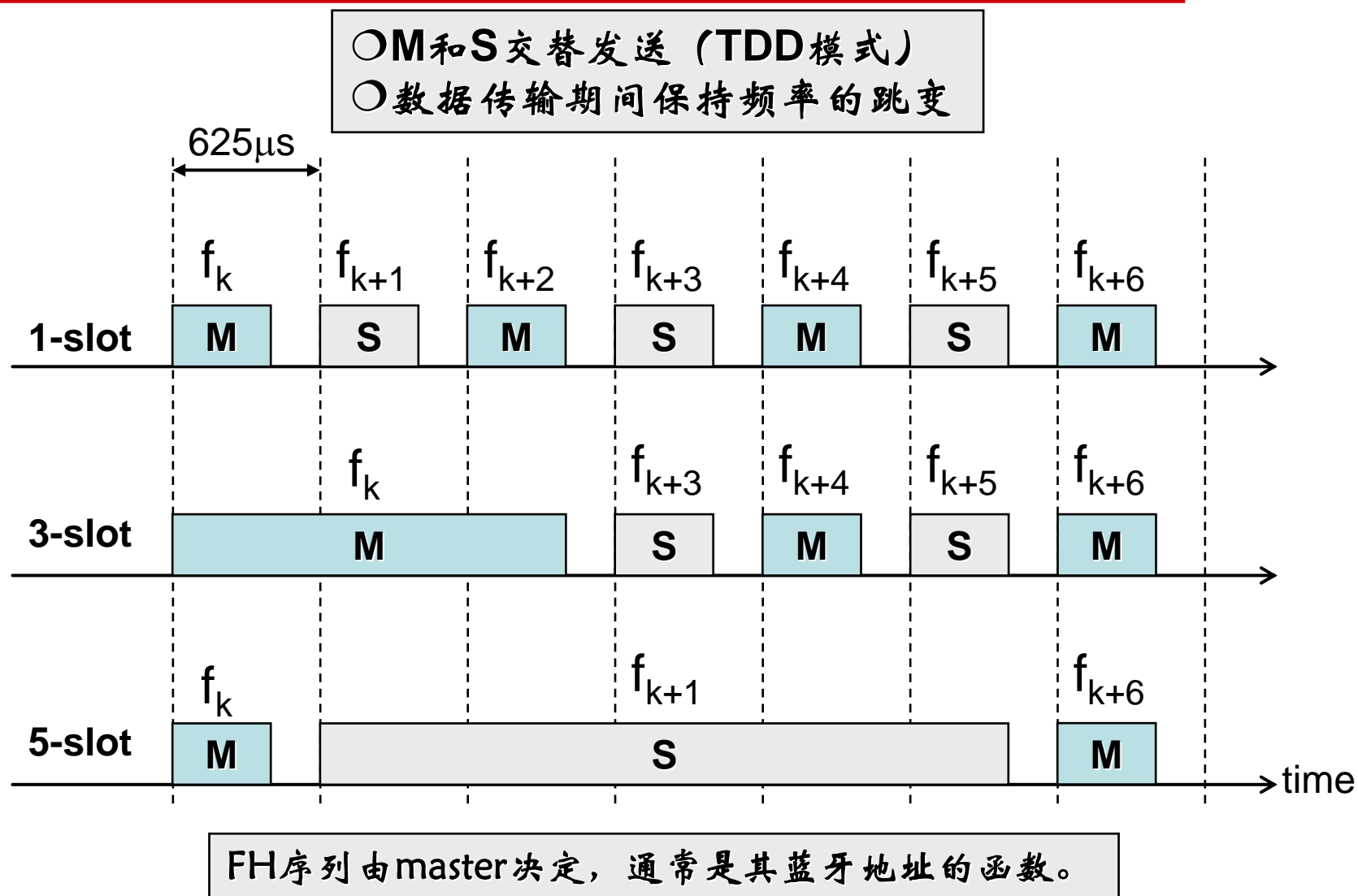
○ 定义了物理link

○ 定义了packet格式

物理信道：共有79个，每个带宽1MHz
FH信道：由调频序列组成，同一个
piconet中的设备遵循同一个调频序列



数据传输期间的频率选择



M设备和S设备之间的物理链路

Link: 主节点到从节点的逻辑信道

□ ACL (asynchronous connectionless)链路

- 主要用于Best-effort数据传输服务
- M和S之间的点-点/点-多点（广播）连接
- 在没有预留给SCO的时间槽传送无时间规律的分组
- 通过差错检测和重传来保证传送packet
- 每个S节点只有1条ACL
 - ✧ 分别对应于1-slot、3-slot和5-slot分组
 - ✧ 正向最大速率：723.3Kbps(5-slot)
 - ✧ 反向最大速率：57.6Kbps
- Half-duplex通信

数据应用特性

- ✧ 对称/非对称
- ✧ 分组交换
- ✧ 点-多点连接

M设备和S设备之间的链路 (续)

□ SCO (synchronous connection oriented)链路

- 主要用于音频/视频传输
- M和S之间具有固定带宽的点-点连接
- M为S预留2个连续时间槽传送实时数据
- Packet从不被重传
- M可同时支持3个SCO
- 每个S可有2~3个SCO (64kbps)
- Full-duplex通信

电话语音连接特性

- ◇ 对称
- ◇ 电路交换
- ◇ 点-点连接


SCO链路主要被用在交换需要保证数据率而不需要保证传送的限时数据。

半双工/全双工通信

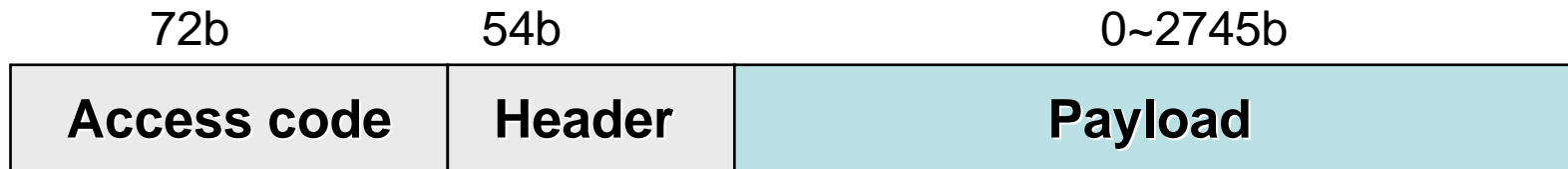
□ half-duplex通信(ACL)

- 一次往一个方向发送
- 不对称最大速率723.3Kbps，反向为57.6Kbps
- 对称速率双向发送，每个方向可达433.9Kbps

□ full-duplex通信(SCO)

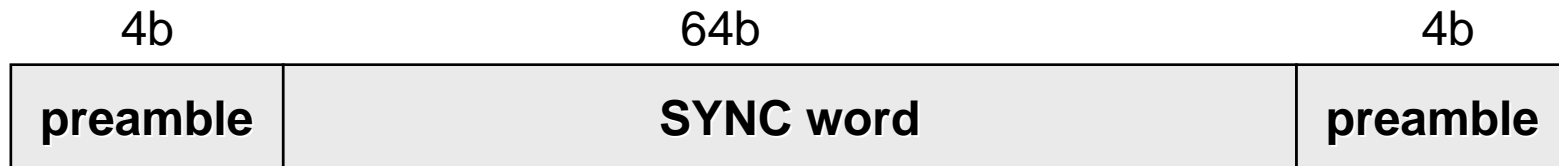
- 可同时双向发送
 - 速率> 64Kbps
 - 使用M预留的slot（避免同步和冲突）
 - 没有为SCO链路预留的slot可用于ACL链路
- 

Packet格式(3-1)



□ 访问码

- 主要用于时钟同步、寻呼和查询



- 信道访问码：标识一个piconet
- 设备访问码：用于寻呼（paging）或者后续的应答
- 查询访问码：用于查询（inquiry）

Packet格式 (3-2)

□ 包头 (Header)

- 主要用于标识包类型以及携带的协议控制信息

ACL的流
控、确认以
及序号

AM_Addr	Type	Flow	ARQN	SEQN	Header error control(HEC)
---------	------	------	------	------	---------------------------

- AM_ADDR:指出某个活跃slave设备的地址，0用于广播；
- Type:标识包的类型
 - ✧ 4种SCO,ACL链路的公共控制包
 - ✧ 4种SCO数据包；
 - ✧ 6种ACL数据包；

前向纠错
(FEC)或
者ARQ

Packet格式 (3-3)

□ 包的有效负载 (payload)

- 对于语音传输，无数据头
- 对于ACL包和SCO非语音数据，数据头包括：
 - ✧ Payload header: 8位的1-slot和16位的多-slot
 - ✧ Payload body: 包括用户数据
 - ✧ CRC: 应用于所有数据包的16位冗余码

1-slot	L_CH	Flow	length
--------	------	------	--------

多-slot	L_CH	Flow	length	undefined
--------	------	------	--------	-----------

bluetooth的寻址

❑ Bluetooth设备地址(BD_ADDR)

- 48位IEEE MAC地址

❑ 活跃成员地址 (AM_ADDR)

- 3位活跃S设备地址
- 全“0”广播地址 (M→S)

❑ 驻扎成员地址 (PM_ADDR)

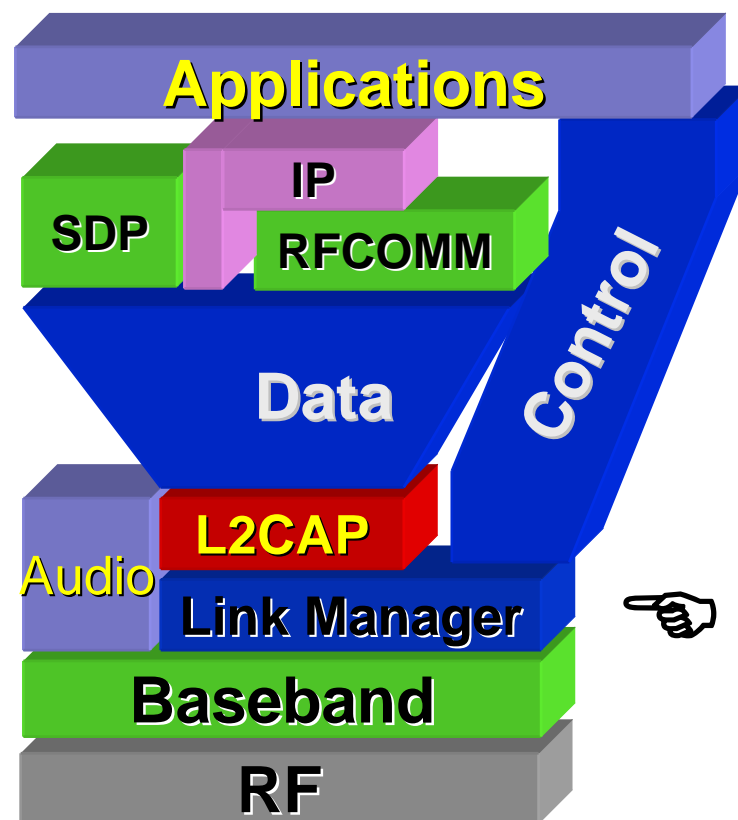
- 8位parked的S设备地址



Bluetooth的链路管理规范

- ❑ 能量控制：根据接收信号强度要求发送者调整发送能量
- ❑ 能力协商：交换版本号和所支持的特性
- ❑ QoS协商：轮询时间、延迟、传送能力
- ❑ 同步：修正时钟偏差或者接受特殊的同步packet
- ❑ 改变状态和传输模式：M和S角色的改变
- ❑ 链路控制：控制link活动
- ❑ 安全服务：认证、加密、密钥分发

通过24个PDU实施基带连接的建立和管理



Bluetooth的信道控制

□ 两种管理情形

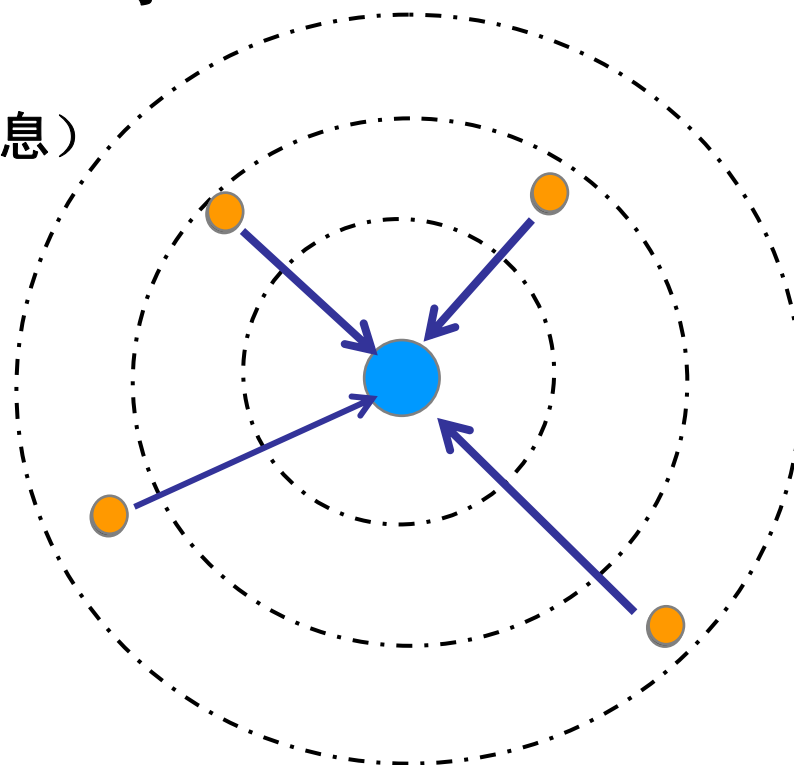
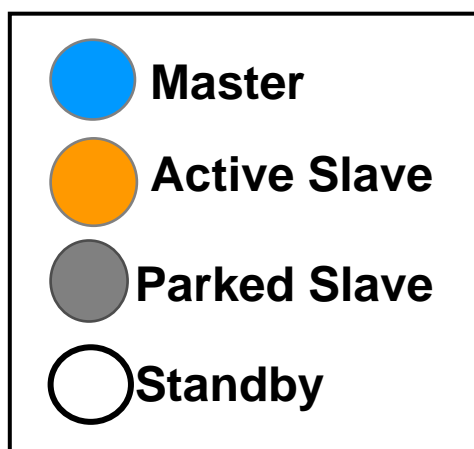
- 设备知道其他设备的参数
 - ✧ 执行paging过程
- 设备不知道其他设备的参数
 - ✧ 执行inquiring和paging过程

□ 两个主要过程

- Page
 - ✧ 用来建立与其他节点的链路
- Inquiry
 - ✧ 用来了解时钟偏移和其他设备的地址

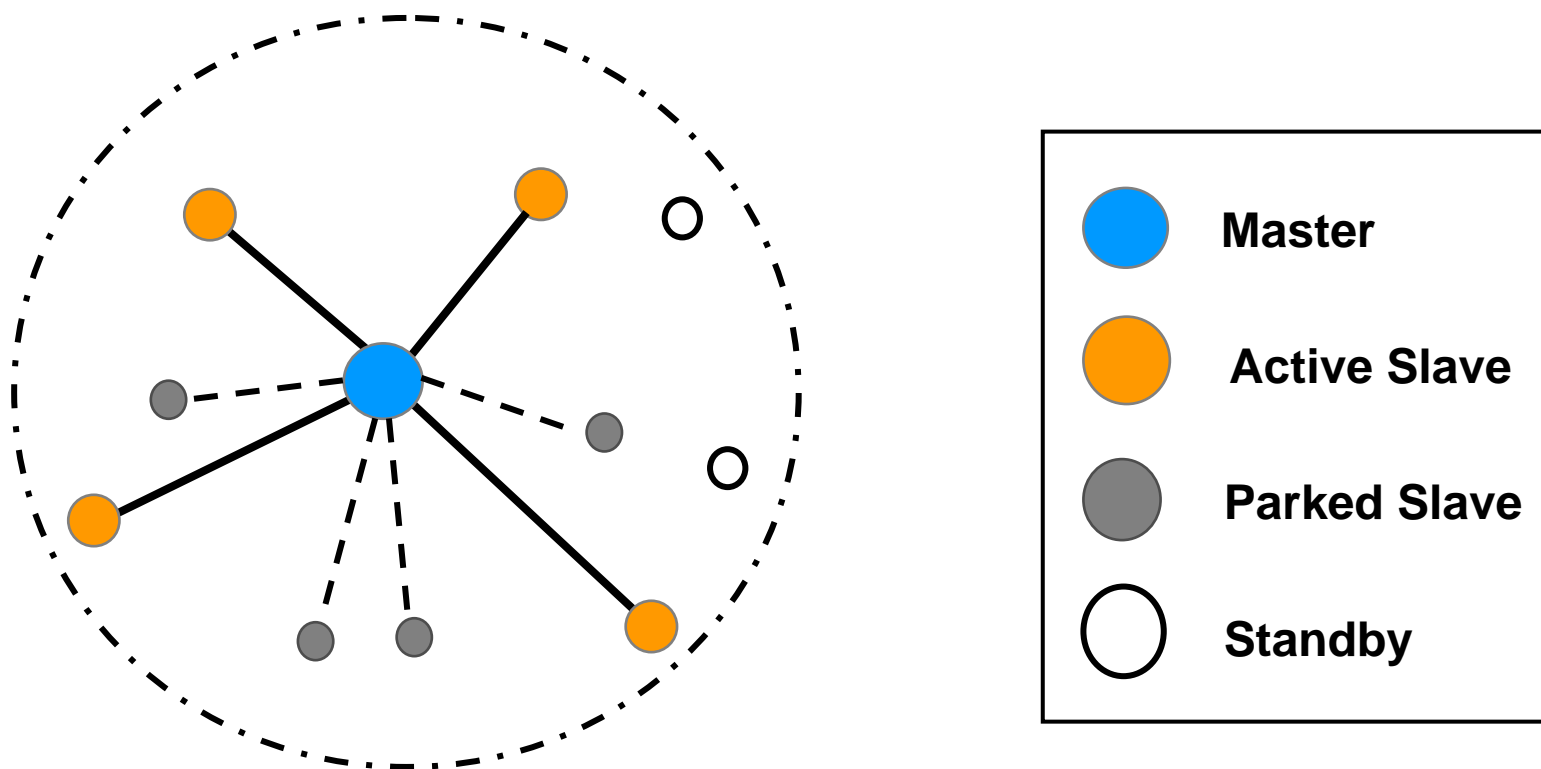
微网的建立——inquiry模式:地址发现

- ❑ 当一个设备想建立一个piconet时
 - 79个无线电载波中有32个用来wake-up载波
 - Master依次在这32个载波上广播查询访问码（IAC）
- ❑ 一个standby设备想加入一个piconet时
 - 定期侦听IAC消息
 - 返回一个packet（设备地址和时钟信息）



微网的建立——Page模式：频率同步

- ❑ M设备根据返回的设备地址计算特殊的跳频序列
- ❑ S设备与M设备时钟同步，并启动M定义的跳频序列



Bluetooth的节能模式

❑ Sniff

- M和S设备定期睡眠，并在早期协商的时间间隔“sniff”

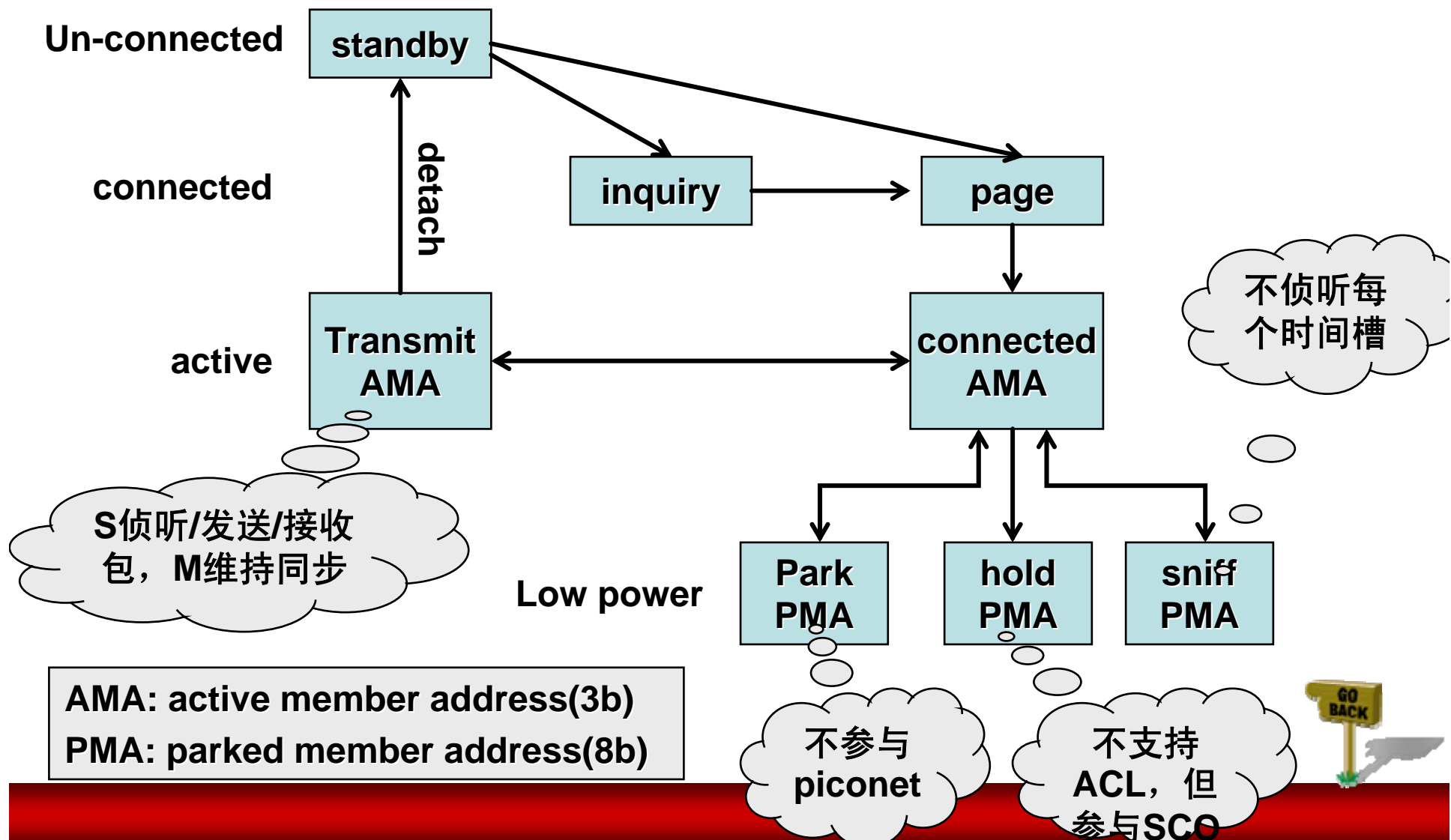
❑ Hold

- 不释放AMA（活跃成员地址）地址
- 停止ACL传输，但可交换SCO分组

❑ Park

- 设备仍旧是该piconet的成员
 - 释放AMA地址但获得一个PMA（parked）地址
- 

Bluetooth设备的baseband状态

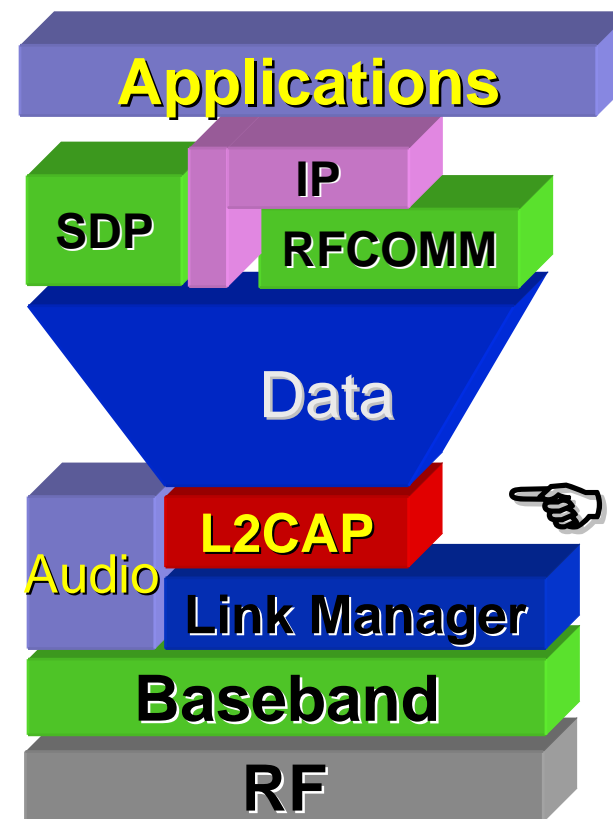


Bluetooth的L2CAP层

逻辑链路控制和适配协议：提供了两个bluetooth设备之间具有一定QoS性质的逻辑信道。

- ❑ 仅用于ACL
- ❑ 协议的多路复用/分用
- ❑ 接收上层分组（64KB）分段传输；
- ❑ 在接收端重组
- ❑ 处理服务质量

L2CAP流量控制和差错控制
依赖于底层（基带层）



Bluetooth的逻辑信道

❑ 无连接信道（CID= 2）

- 支持无连接服务（可靠的）
- 每个信道是单向的。该信道主要用于从M到多个S的广播

❑ 面向连接信道（CID≥64）

- 支持面向连接的服务（类似HDLC）
- 每个信道是双向的（全双工）。每个方向被指定了服务质量流规范。

❑ 信令信道（CID=1）

- 提供了两个L2CAP实体之间信令消息的交换

L2CAP使用ACL链路，并不提供SCO链路的使用。

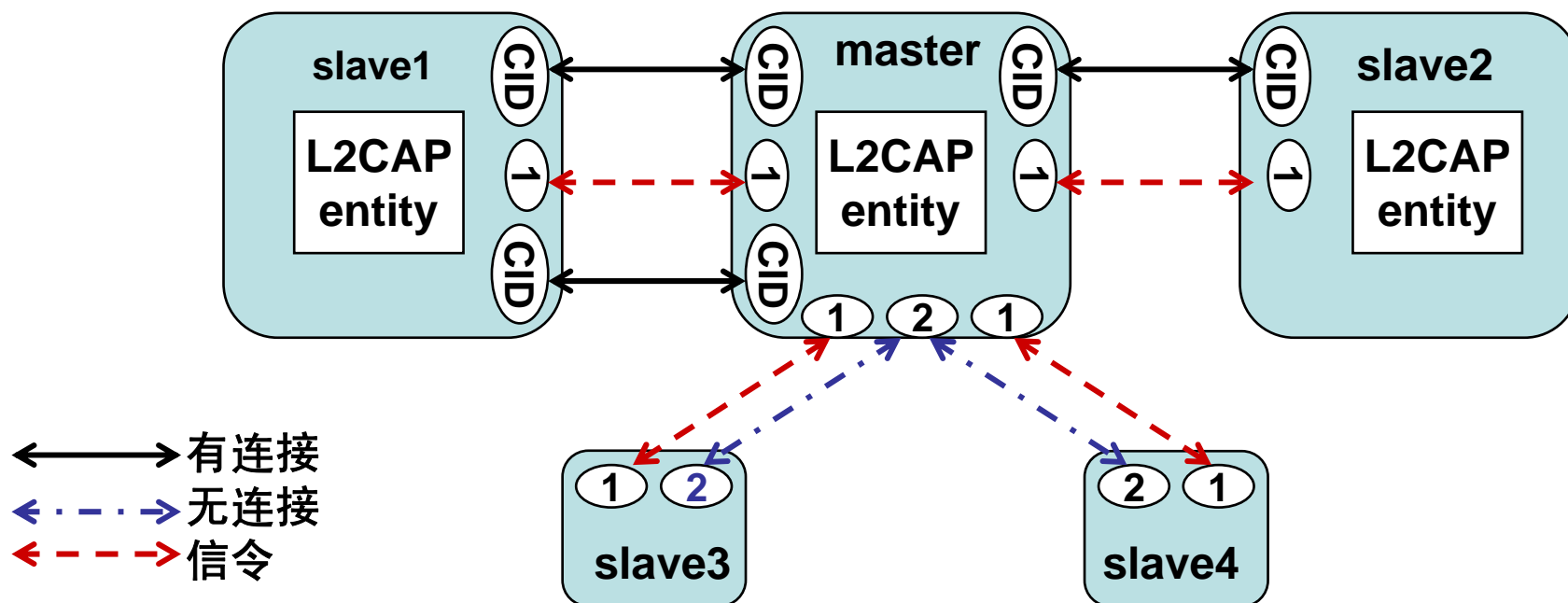
Bluetooth的逻辑信道 (续)

CID—channel ID

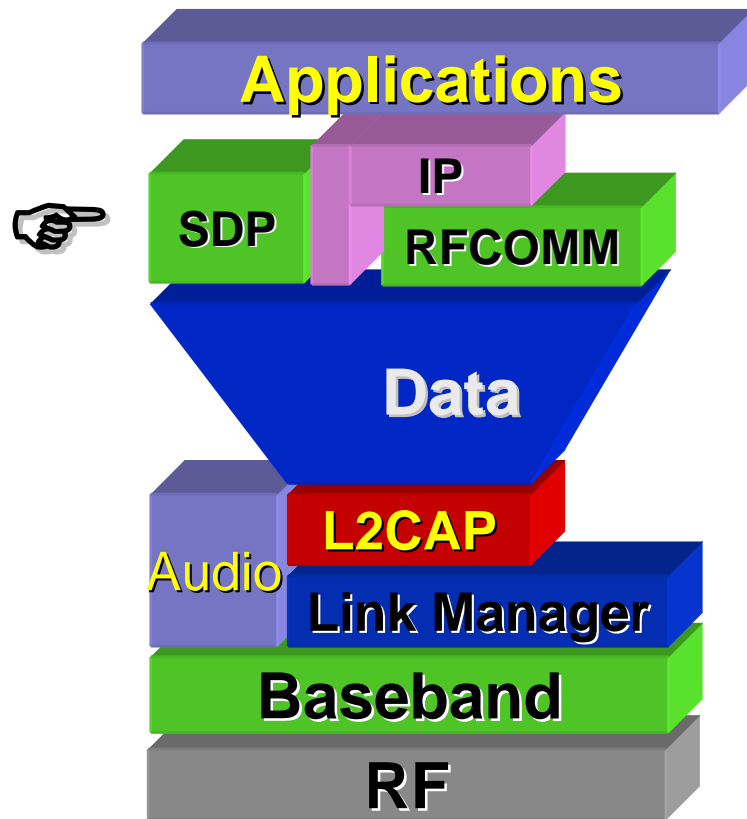
- 1: 表示信令信道
- 2: 表示无连接信道

❑ M和S之间只能有一个无连接信道和一个信令信道

❑ M和S之间可有多多个面向连接信道



Bluetooth的服务发现协议 (SDP)



□ 基本功能

○ 查询服务

✧ 搜索特殊的服务种类

✧ 浏览当前的可用服务

○ 检索某个服务的详细属性

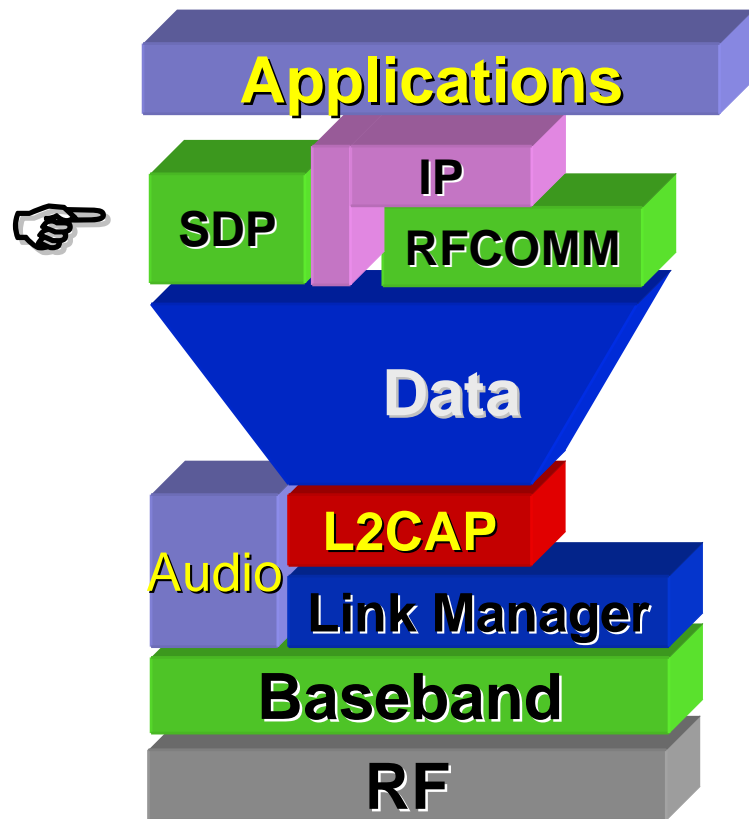
○ 建立到其他设备L2CAP连接

○ 建立一个使用某个服务的独立 (non-SDP) 连接

□ 服务记录

○ 一系列服务属性

Bluetooth的服务发现协议 (续)



□ 工作过程

- Master设备广播1条信息
- Slave设备作出响应
- Master选出一个slave设备，通过链路管理与之建立物理层连接，由此在主从设备之间建立一条L2CAP

SDP只定义了服务的发现，而没有服务的使用
→ 想提供服务的设备必须安装成SDP服务器



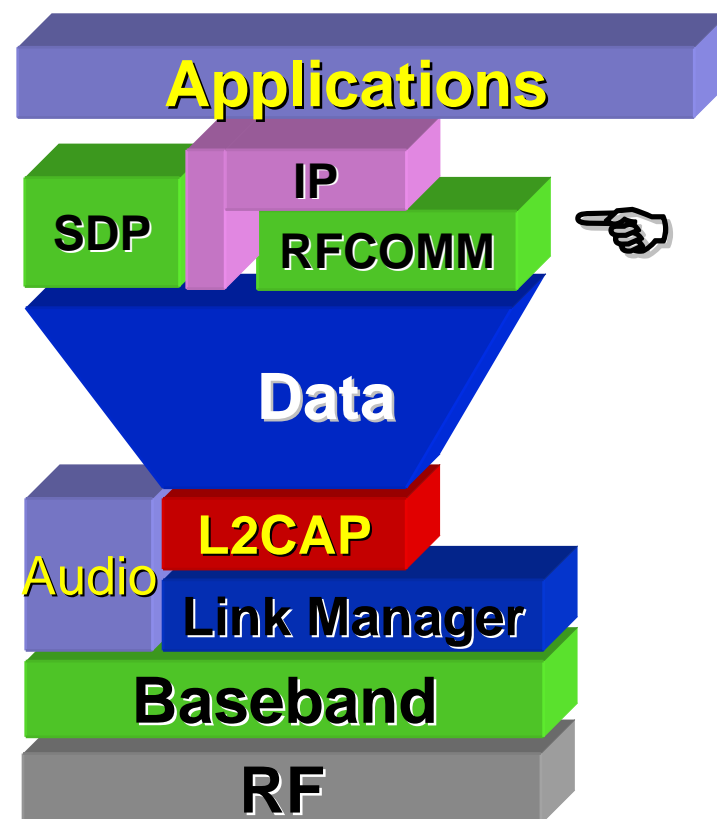
Bluetooth的串口仿真(RFCOMM)

❑ 基本功能

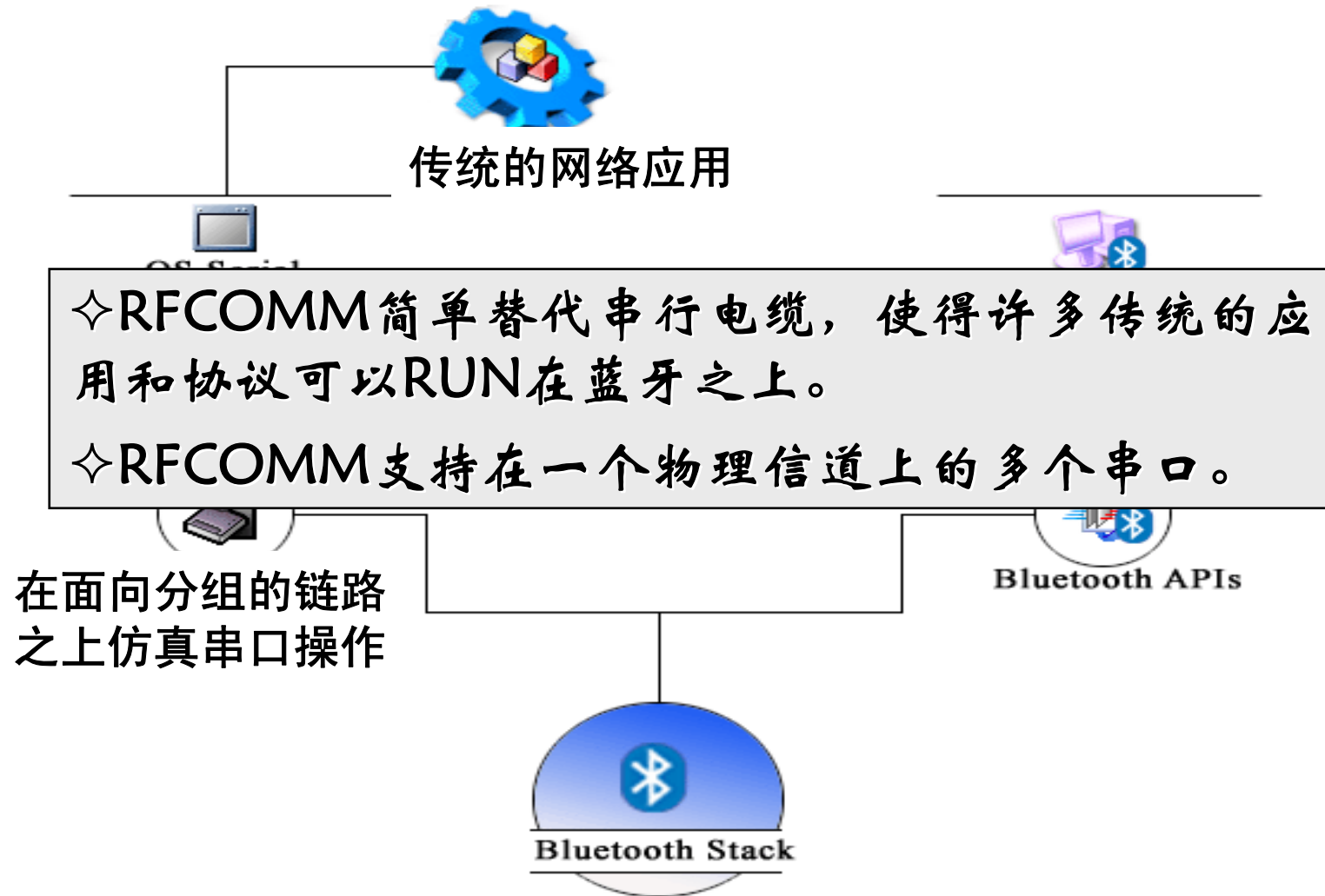
- 在面向packet的link上仿真串行接口
- 支持传统应用/协议
- 支持一个物理信道上的多个串行接口

❑ 与HDLC类似

在蓝牙的基带上仿真RS-232的功能，实现设备串行通信。



RFCOMM



Bluetooth与IP (3-1)

□ 基本功能

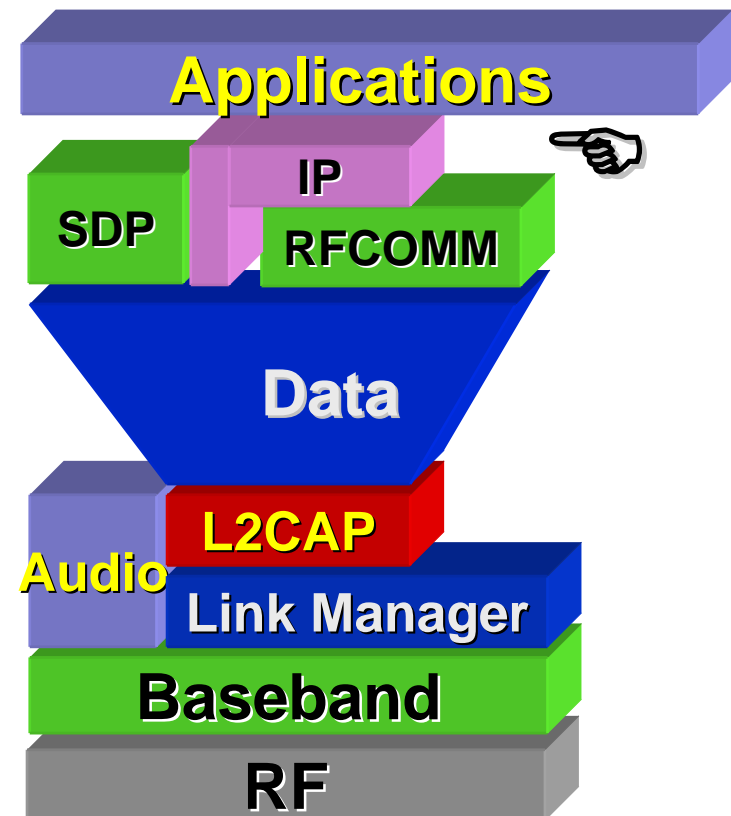
- 通过蜂窝电话接入Internet
- 通过LAN接入点连接PDA或者笔记本到Internet

□ 接入协议

- PPP
- BNEP

Point to Point Protocol

Bluetooth Network Encapsulation Protocol

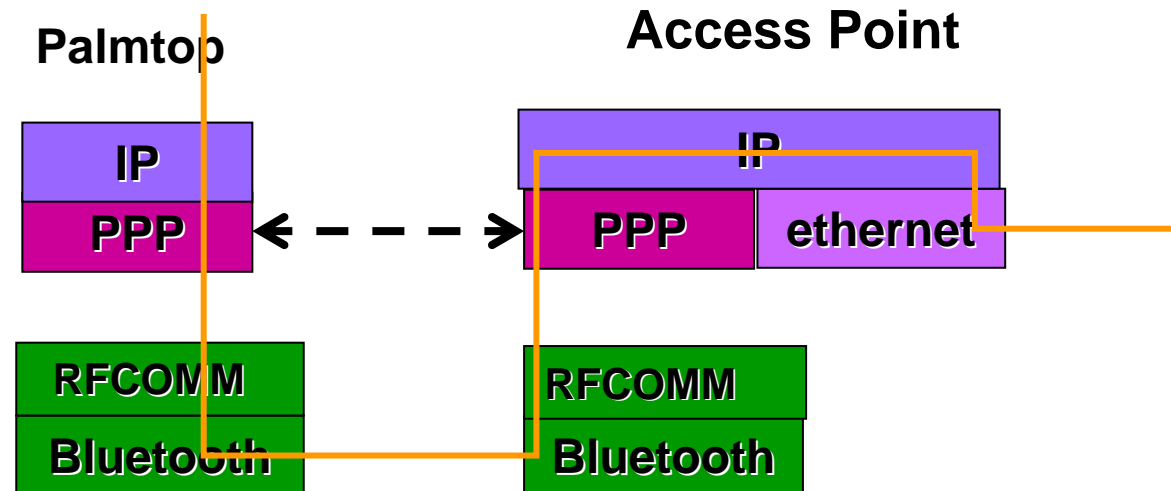
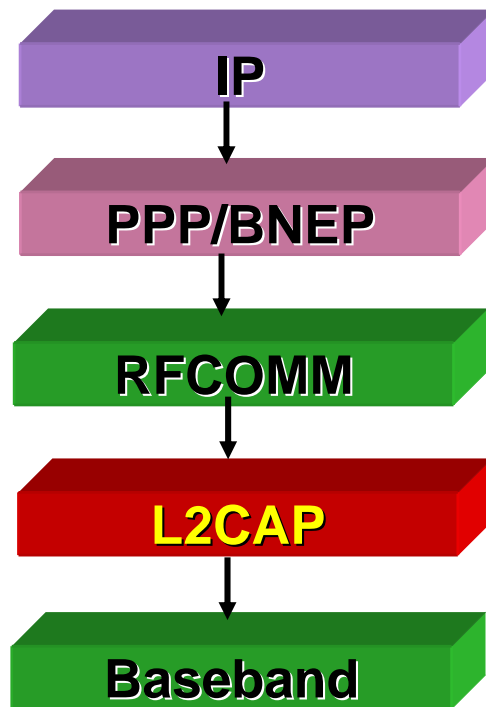


Bluetooth与IP (3-2)

❑ AP具有PPP服务器功能

○ 用户名/口令管理仍是问题

○ 漫游不是无缝的

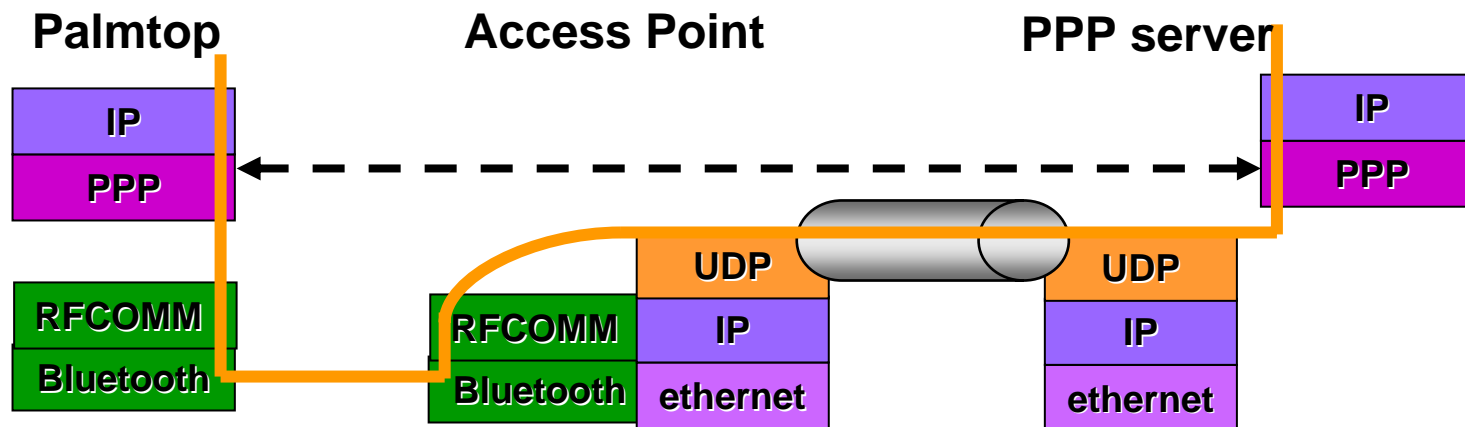


Bluetooth网络封装协议 (BNEP)在L2CAP之上仿真Ethernet

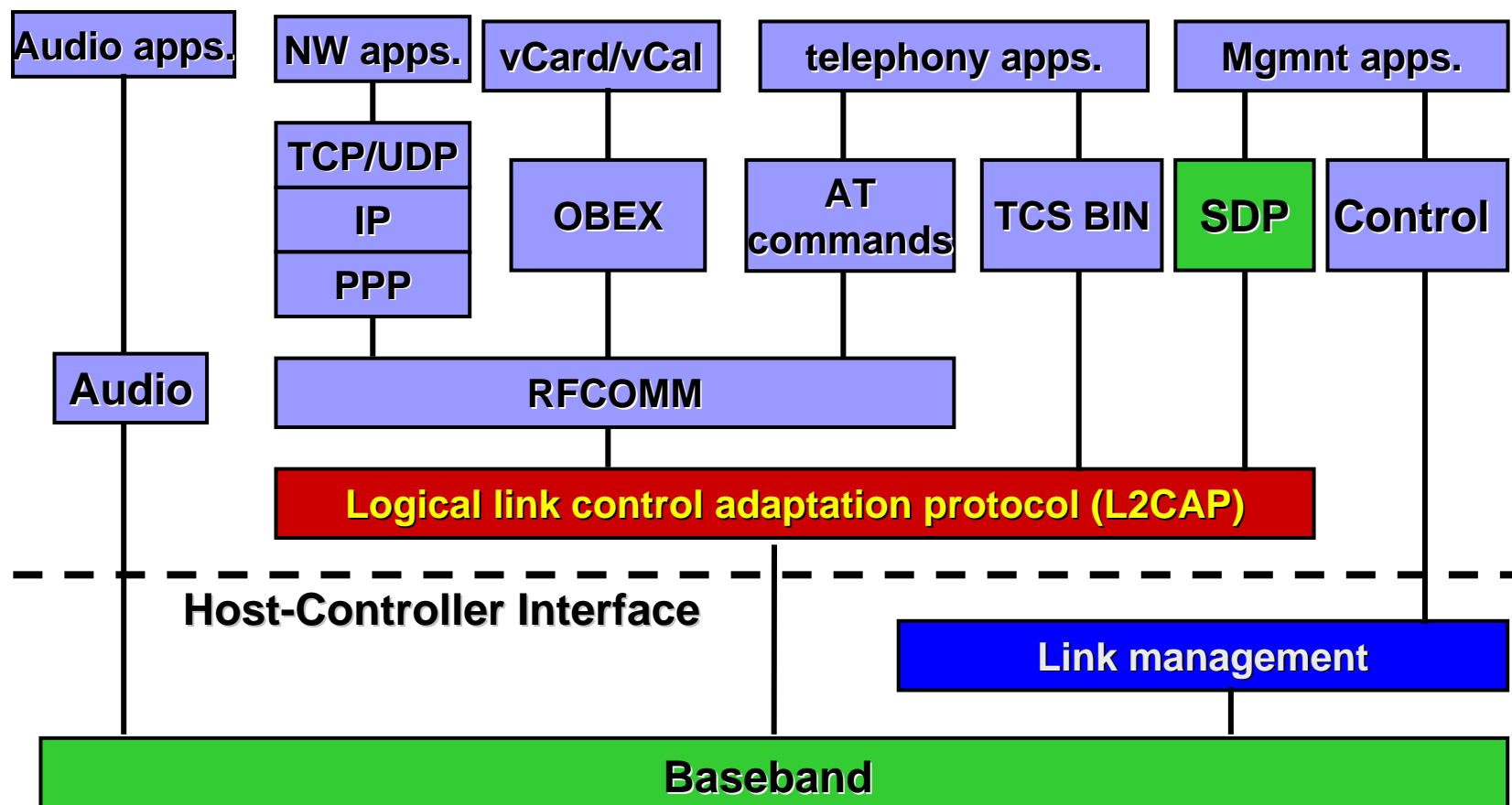
Bluetooth与IP (3-3)

❑ 从AP隧道发送PPP流量到PPP服务器

- 可集中管理用户信息
- 减少AP上的处理时间和状态维护
- 支持无缝漫游



Bluetooth协议栈



HCI在baseband和L2CAP之间提供了基带控制器和链路管理控制器的命令接口，以及硬件状态和控制寄存器的访问。

Bluetooth的profile

❑ Bluetooth v1.1规范了13种应用+相应的协议栈

面向网络连接	面向电话	无线设备交换数据
✧LAN access ✧Dial-up networking ✧Fax	✧Cordless telephony ✧Intercom ✧Headset	✧Object push ✧File transfer ✧Synchronization

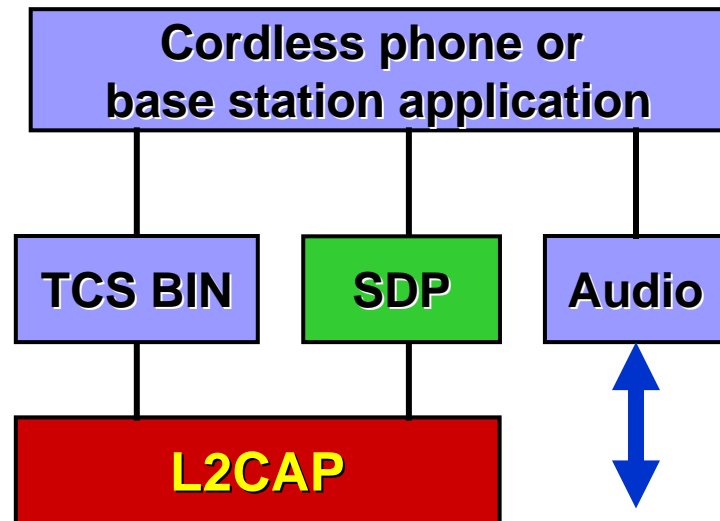
Profile: 定义了支持特定应用的协议以及协议特性。

其他实际应用的基础		
Generic access Service discovery	Serial port	Generic object exchange

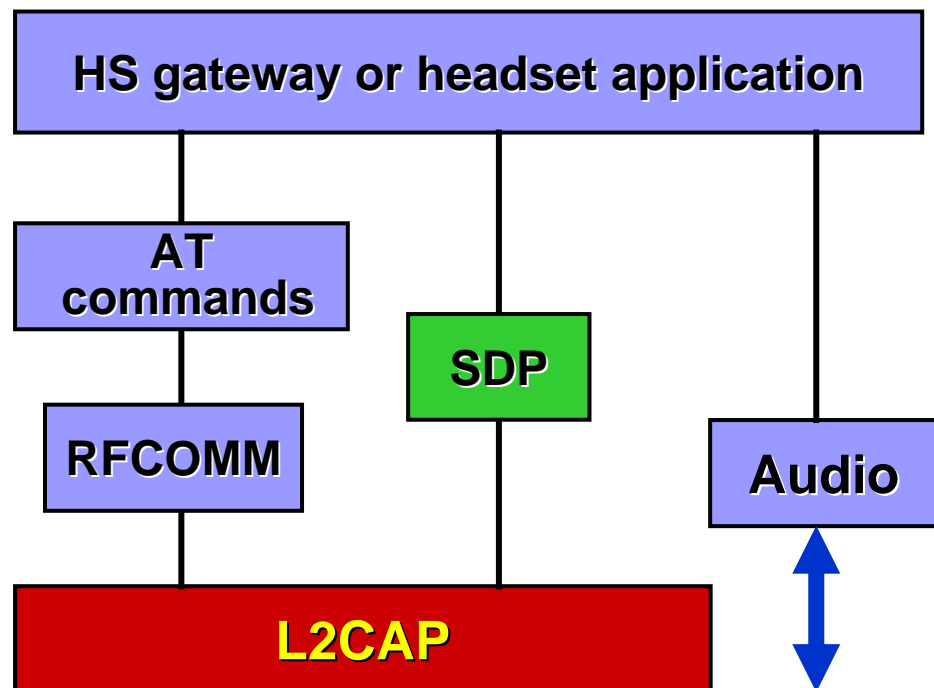
Bluetooth的语音应用

❑ 三合一电话

○ 呼叫/移动管理/对讲



❑ 耳麦



- ✧ TCS BIN定义了蓝牙设备之间建立语音和数据呼叫的控制信令
- ✧ AT commands类似于一般的调制解调器

Bluetooth & Internet



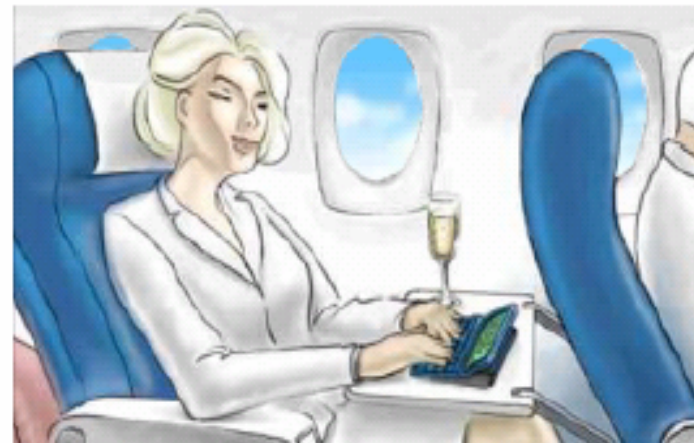
- Briefcase Trick

- ◆ Laptop in briefcase

- E-mail alert through phone,
browse E-mails in phone

- ◆ Phone off

- Answer mail on laptop and
send mail from phone or
laptop at arrival



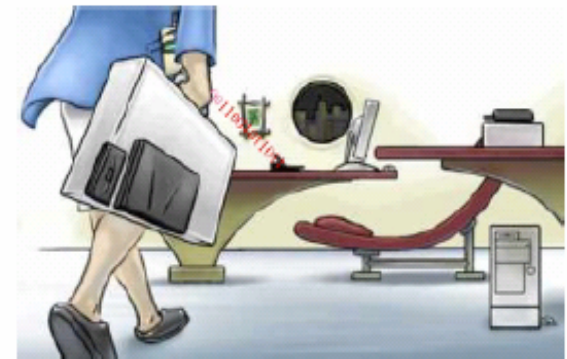
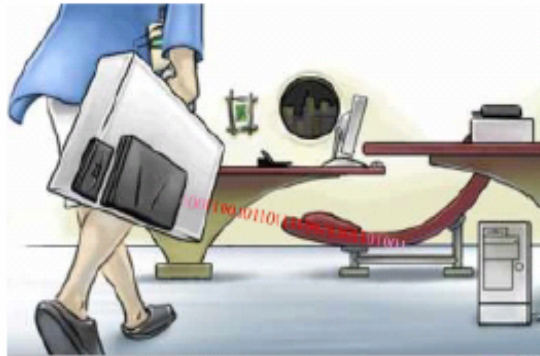
Bluetooth的个人信息管理

- ✧ IrMC: 提供了从一台设备传送更新的PIM信息到另外一台设备的C/S能力
- ✧ OBEX: 对象交换协议是红外数据协会 (IrDA) 用来交换对象的会话层协议

□ 同步应用

- 提供了设备与设备之间个人信息管理(PIM)信息的同步, 例如电话号码、日历、消息和通告信息。

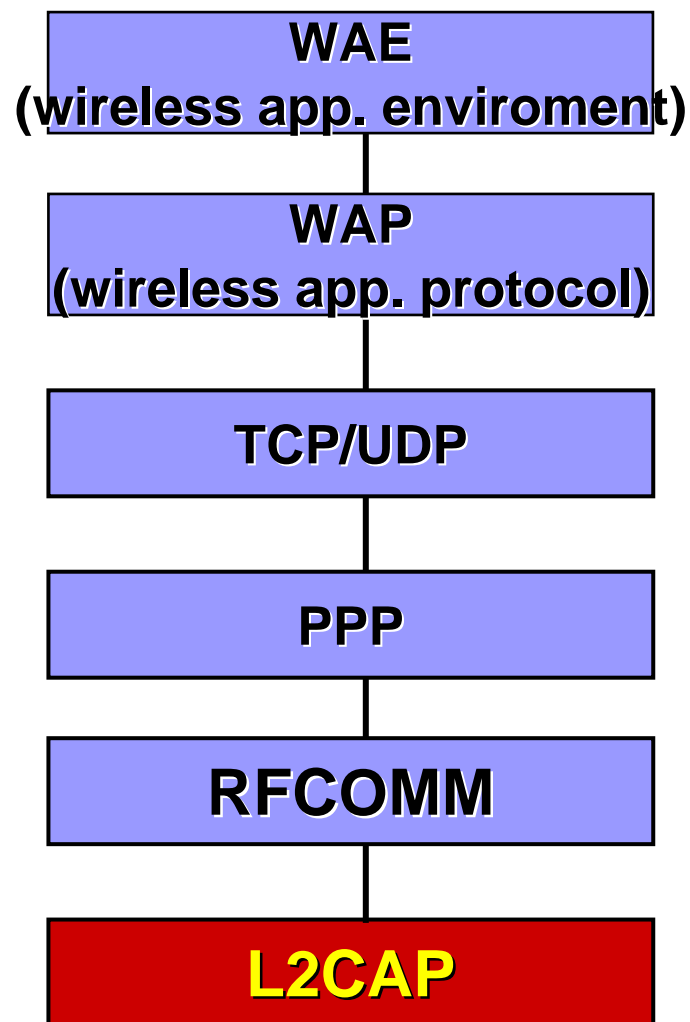
- Synchronizer
 - ◆ Background synchronization
 - PDA's
 - Cellular phones
 - Notebooks



Bluetooth的WAP

□ WAP上网流程

- 手机发出请求
- GSM接通本地ISP
- 本地ISP连接WAP网关
- WAP网关向目标ICP发出请求
- ICP将信息传给WAP网关
- WAP网关将处理后的信息发送到本地ISP
- 本地ISP将信息传回GSM网络
- 手机接收到Internet信息



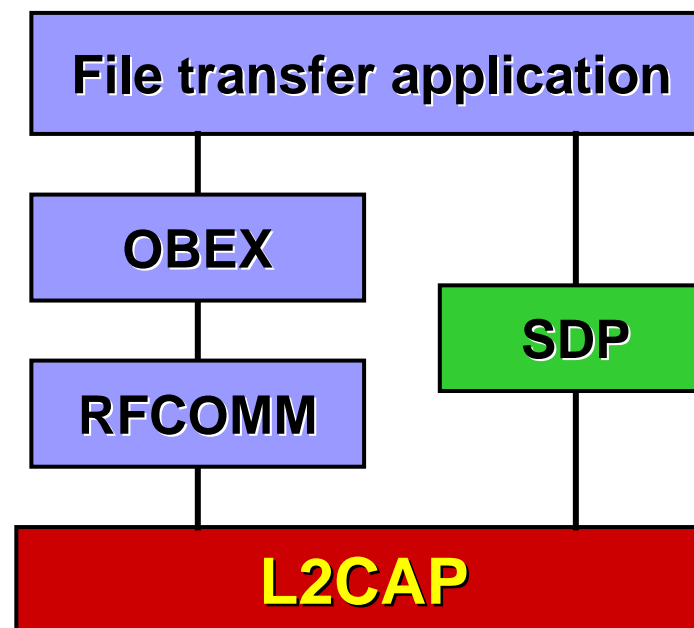
Bluetooth的文件传送

□ 传送能力

- 目录
- 文件
- 文档
- 映像
- 流媒体

□ 浏览能力

- 文件夹



OBEX: 对象交换协议是由红外数据协会开发的用来交换对象的会话层协议。

参考资料

□ 阅读

- Haartsen, J. “The Bluetooth Radio System”, IEEE Personal Communications, February 2000
- Haartsen, J., and Mattisson, S. “Bluetooth—A New Low-Power Radio Interface Providing Short-Range Connectivity.” Proceedings of the IEEE, October 2000
- William Stallings, “Wireless Communications and Networks”（影印版），清华大学出版社

□ 访问

- <http://www.bluetooth.com/products/index.asp>
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
 - <http://www.howstuffworks.com/bluetooth.htm>
 - <http://www.wirelessnetworkstutorial.info/bluetooth/>
- 

思考题

- ❑ 微网中Master和slave的关系？
 - ❑ 如何结合跳频和时分多路复用？
 - ❑ Master和slave之间的链路类型？
 - ❑ 深入调研蓝牙的某种应用、产品以及相应的协议栈。
 - ❑ 比较红外、UWB、Zigbee三种技术在WPAN上与蓝牙的差别。
-

END
