

# 蓝 牙

一、浅析蓝牙技术的基带层分组协议

二、蓝牙简介

三、蓝牙技术概要

四、无线接入系统

五、蓝牙技术的市场展望

六、新兴的短距离无线通信技术

七、信息家电与蓝牙技术

八、Bluetooth 与 IBM

## 浅析蓝牙技术的基带层分组协议

### 一、引言

现代通信技术的趋势走向网络核心技术分组化、窄带接入技术无线化。在无线接入领域，早期采用电路型传输方式，但是现在也开始出现了分组传输技术，如 CDPD、GPRS、EDGE 等；除了这些无线运营数据网络之外，最近由 Ericsson、Intel、Nokia、Toshiba、IBM 五家公司组成的蓝牙特殊利益集团 SIG (SPecial Interest GrouP) 联手推出的蓝牙计划致力于解决 SoHo 无线组网，倍受网络界的瞩目。

虽然蓝牙还没有正式成为国际标准，但是有越来越多的组织正在吸纳这种技术。蓝牙技术的目标是采用无线接口技术来取代传统各种有线连接。虽然蓝牙主要用来解决电话、数据终端等的连接组网问题，但是 SIG 也想将该技术应用到家电上去：家庭通过这种方式组成小型无线数据网，实现智能控制与管理。蓝牙技术的关键是很小的蓝牙芯片（即无线电收发信机），可以装在各种设备上，如手机、冰箱等等。蓝牙的应用非常广泛，例如手机与微机之间通过蓝牙无线连接，这种无束缚的接收和发送信息很有可能改变人们的生活方式；蓝牙与 WAP 的结合也会创造出新的电子商务模式。

### 二、蓝牙的协议体系结构

蓝牙协议体系结构同样采用分层方式，包括蓝牙专用协议和一些通用协议。专用协议位于协议栈的底部，从底到上依次是蓝牙无线层（Bluetooth Radio）、基带层（Baseband）、LMP 层（Link Manager Protocol）、L2CAP 层（Logical link Control and Adaptation Protocol）、SDP 层（Service Discovery Protocol）。另外 RFCOMM 层以 ETSI TS07.10 为基础，目的是取代电缆连接；TCS（Telephony Control Protocol Specification）以 ITU-T 的 Q.931 为基础，目的是进行呼叫控制。在蓝牙专用协议之上可以承载 PPP、TCP/IP、UDP/IP、WAP 等通用高层协议。

无线层规范物理层无线传输技术。蓝牙工作在 2.4GHz 的 ISM 频段，大部分国家采用  $2400 \sim 2483.5 \text{ MHz}$ ， $f = 2402 + k \text{ MHz}$ ， $k = 0 \sim 78$ ：即将该频段划分为 79 个带宽为 1MHz 的信道，在低频端留有 2MHz 的保护带，在高频端留有 3.5MHz 的保护带。调制方式采用 GFSK，BT=0.5，正频偏表示“1”，负频偏表示“0”。系统采用跳频扩频技术，抗干扰能力强、保密性好。

LMP 负责蓝牙设备之间的链路建立，包括鉴权、加密等安全技术及基带层分组大小的控制和协商。它还控制无线设备的功率以及蓝牙节点的连接状态。L2CAP 在高层和基带层之间作适配，它与 LMP 是并列的，区别在于 L2CAP 向高层提供负载的传送，而 LMP 不能。L2CAP 向高层提供面向连接的和无连接的数据服务，具备多协议复用功能和拆/装适配功能。SDP 是蓝牙体系中非常关键的部分，只有通过 SDP 了解通信双方的设备信息、业务类型、业务特征，然后才能在蓝牙设备之间建立通信连接。

### 三、基带层

#### 1. 物理信道与物理链路

蓝牙技术的特点体现在底层技术，而基带层是底层中的关键技术之一。注意蓝牙基于微微小区机制，需具备强壮性、低复杂度、低功率、低成本的特点，而这在基带层技术中有所体现。

前面说过蓝牙采用跳频扩频技术，每秒 1600 跳，从时间域看即每个时隙长度是  $625 \mu\text{s}$ ，即每个时隙从 79 个信道中选择一个。时隙编号 0 ~ 2 的 27 次方 - 1，即以 2 的 27 个次

方双工方式采用 TDD。蓝牙既支持电路型数据，也支持分组型数据；既支持点对点连接，也支持点对多点连接。在一个微微网络（Piconet）中，一个单元作为主节点，其他作为从节点，最多可以有 7 个从节点；但是允许有更多从节点与主节点保持在 Park 状态。从节点对信道的接入由主节点控制。微微网络在覆盖上可以有重叠：每个网络有各自的跳频方案，一个网络的主节点可以同时作为另一个网络的从节点；一个从节点可以属于多个网络。

主节点向从节点发送数据只能占用偶时隙，反之从节点只能在奇时隙才能向主节点发送数据。一个分组（Packet，实际上更习惯的说法是帧，因为在基带层其地位类似于 OSI 的第 2 层、部分涉及物理层，分组的确切用法在第 3 层，但是蓝牙基带层规范中采用 Packet 术语）的传送最多可以占用 5 个时隙，在一个分组的传送期内，维持初始时隙所占用的信道而不再跳频。

在主从节点之间，有两种不同类型的链路，即同步面向连接 SCO（Synchronous Connection-Oriented）链路和异步无连接 ACL（Asynchronous Connection - Less）链路。SCO 是点到点链路，立节点在周期性的保留时隙上维持 SCO；ACL 是点到多点链路。主节点可以利用 SCO 本占用的时隙建立 ACL 链路，从节点可以同时参与 SCO 和 ACL。

SCO 具备双向对称性，可以看作电路型连接，通常用于支持语音等实时业务。主节点可与一个或多个从节点建立多达 3 个的 SCO 链路；一个从节点也与多个主节点建立 SCO 链路（最多 3 条）。SCO 分组不采用重传机制。SCO 链路的建立通过主节点发送 LMP 的 SCOsetup 消息，该消息中包含了 TSCO 和 DSCO 等参数。DSCO 用于标识 SCO 开始的时隙相对数，而 TSCO 用于表示时隙的重复周期。

未被 SCO 占用的时隙可用于 ACL，在一对主从节点之间只有一条 ACL。ACL 的分组传送来用重传机制以确保正确性。只有主节点在发往从节点的分组中以某种方式允许某从节点发送数据时，该从节点才能在规定时隙发送数据。ACL 支持广播。

## 2. 分组组成

每个分组由 3 部分组成，即接入码（AccessCode）头（Header）负载（Payload）。其中接入码和头字段为固定长度，分别为 72 比特和 54 比特；负载是可变长度，从 0~2745 比特。一个分组可以仅包含接入码字段（此时为缩短的 68 比特），或者包含接入码与头字段，或者包含全部 3 个字段。

接入码有三种类型：Channel Access Code（CAC）、Device Access Code（DAC）和 Inquiry Access Code（IAC）。CAC 用于标识一个 Piconet，所有在该 Piconet 中传送的分组都包含 CAC；DAC 用于特殊的信令过程，如寻呼和响应寻呼；IAC 又分为 General（GIAC）和 Dedicated（DIAC）两类：GIAC 对该区域内所有设备都是一样的，用于发现其它的蓝牙单元；DIAC 用于根据某种特性划分特定用户群。

分组头包含链路控制信息，由 6 个字段组成：3 比特的 AM - ADDR、4 比特的 TYPE、1 比特的 FLOW、1 比特的 ARQN、1 比特的 SEQN、8 比特的 HEC，一共 18 个比特；再加速率为 1/3 的 FEC，编码保护后一共是 54 比特。在主节点与从节点通信时，需要区分不同的从节点，用 AM - ADDR 来表示激活的从节点地址。全“0”地址用于广播，显然 3 比特的编码最多可以支持的激活从节点数为 7（扣除全 0）。4 比特的 TYPE 字段可以区分 16 种不同类型的分组，详细情况见本节第 3 点。FLOW 字段用于 ACL 链路上的流量控制：如果接收端缓存满，则 FLOW = 0 指示发端停止发送数据；如果缓存清空，则 FLOW = 1 指示发端继续发送。ARQN = 0 时表示 NAK；ARQN = 1 时表示 ACK，用于对负载传送正确性的确认。SEQN 比特在每发送一个新的分组时翻转一次，因为蓝牙采用无编号 ARQ 机制，所以 SEQN 对于重传是必需的，这样可以避免由于 ACK 的去失而造成分组重复接收。分组头用 8 比特的校验码以检查分组头的正确性。

### 3. 分组类型

在 16 种分组中，有 4 种是公共的；另外 12 种根据 SCO 和 ACL 不同链路而不同。

#### (1) 公共分组

ID 分组：由 DAC 或 IAC 组成，长度固定为 68 比特，用于寻呼、探询、响应。

NULL 分组：仅包含 CAC 和分组头，没有负载，长度固定为 126 比特。NULL 分组用于通过 ARQN、FLOW 等字段将链路信息返回给发送端。NULL 分组无需确认。

POLL 分组：POLL 分组与 NULL 分组类似，也没有负载字段，但是需要接收端的确认。当从节点收到 POLL 分组后，必须响应，即使当时没有数据信息需要发送。

FHS 分组：是一种特殊的控制分组，它宣告发端的设备地址和时钟信息，以实现跳频同步。负载字段包含 144 个信息比特加 16 比特的 CRC 校验码，然后用速率为  $2/3$  的 FEC 保护，最终长度为 240 比特。FHC 的结构比较复杂，限于篇幅不作介绍。

DM1 分组：DM 代表 Data Medium rate，该分组仅携带数据信息，负载包含 18 个信息字节和 16 比特的 CRC 校验码，然后用速率为  $2/3$  的 FEC 保护（即每 10 个信息比特附加 5 个校验比特）。

#### (2) SCO 分组

SCO 分组在 SCO 链路上传送，分组不采用 CRC 校验和重传机制。现在定义了 3 种 SCO 分组，SCO 分组通常用于 64kbit/s 的语音传送。

HV1 分组：HV 代表 High quality Voice，该分组携带 10 个字节的信息，用  $1/3$  速率的 FEC 保护，编码后负载长度为 240 比特。一个 HV1 分组可以携带 1.25ms 的 64kbit/s 的语音，每两个时隙 HV1 分组必须发送一次，即  $sco=2$ 。

HV2 分组：HV2 分组携带 20 个字节的信息，采用速率为  $2/3$  的 FEC，编码后负载长度也为 240 比特。一个 HV2 分组可以携带 2.5ms 的 64kbit/s 的语音，每四个时隙 HV2 分组必须发送一次，即  $T_{sco}=4$ 。

HV3 分组：HV3 分组携带 30 个字节的信息，没有采用 FEC，负载长度也为 240 比特。一个 HV3 分组可以携带 3.75ms 的 64kbit/s 的语音，每六个时隙 HV3 分组必须发送一次，即  $T_{sco}=6$ 。

DV 分组：DV 分组是数据和语音的混合，负载由 80 比特的语音字段和最多 150 比特的数据字段组成。语音字段没有 FEC 保护，数据字段有 10 字节信息，加 16 比特的 CRC 校验码，然后用  $2/3$  FEC 保护。语音处理 and 数据处理是独立的。

#### (3) ACL 分组

ACL 分组在 ACL 链路上传送，承载的信息可以是控制信息或用户数据。如果包含 DM1，则一共有 7 种 ACL 分组，除了 AUX1 外其它 6 种 ACL 分组采用 CRC 校验及重传机制。

DH1 分组：与 DM1 分组类似，但是负载数据不经过 FEC。DH1 分组携带 28 字节信息加 16 比特的 CRC 校验码。DH 代表 Data-High rate。

DM3 分组：与 DM1 类似，但 DM3 可以占用 3 个时隙，负载可包含 123 个信息字节加 16 比特的 CRC 校验码。

DH3 分组：与 DM3 类似，但负载不采用 FEC。DH3 可以携带 185 字节的信息加 16 比特的 CRC 校验码。

DM5 分组：DM5 分组可以占用 5 个时隙，负载可包含 226 个信息字节加 16 比特的 CRC

校验码。

DH5 分组；与 DM5 类似，但负载不采用 FEC。DH5 可以携带 341 字节的信息加 16 比特的 CRC 校验码。

AUX1 分组：与 DH1 类似，但没有 CRC 校验码。AUX1 分组可以携带 30 个信息字节。

#### 4. 负载格式

在负载中要区分语音（同步）字段和数据（异步）字段：ACL 分组仅包含数据字段，SCO 分组仅包含语音字段，DV 比较特殊同时包含两种字段。语音字段长度固定为 240 比特，DV 分组中语音字段为 80 比特，不存在负载头字段。数据字段包含 3 部分：负载头、负载体和 CRC 校验码（AUX1 例外）。

负载头为 1 或 2 个字节。负载头规定了逻辑信道、逻辑信道上的流量控制及负载长度指示。用 2 个比特的 L - CH 字段来代表逻辑信道，其中 11 表示 LM 信道（传送 LMP 消息），10 表示 UA / UI（L2CAP 消息开始），01 表示 UA / UI（L2CAP 消息继续），00 保留。

在蓝牙基带层中定义了 5 种逻辑信道，即 LC（Link Control）控制信道、LM（Link Manager）控制信道、UA（User Asynchronous）用户信道、UI（User Isochronous）用户信道、US（User Synchronous）用户信道。控制信道用于链路控制和链路管理，用户信道用于运载用户数据。LC 信道在分组头中，其它信道在分组负载中。LM、UA、UI 用负载头中的 L - CH 字段来区分，US 信道仅在 SCO 链路中，UA 和 UI 通常由 ACL 承载，但也可由 SCO 的 DV 分组来承载。LM 信道 SCO 和 ACL 都可承载。

## 蓝牙简介

具体说来,“蓝牙”是一种短距离的无线连接技术标准的代称,蓝牙的实质内容就是要建立通用的无线电空中接口及其控制软件的公开标准。

蓝牙”计划主要面向网络中各类数据及语音设备,如 PC 机、笔记本电脑、打印机、传真机、数码相机、移动电话、家电设备等,使用无线微波的方式将它们连成一个微微网,多个微微网之间也可以互连,从而方便快速地实现各类设备之间的通信。

蓝牙采用分散式网络结构以及快跳频和短包技术,支持点对点及点对多点通信,工作在全球通用的 2.4GHz ISM (即工业、科学、医学) 频段。其数据速率为 1Mbps。采用时分双工传输方案实现全双工传输。

蓝牙 1.0 标准由两个文件组成。一个是核心部分 (FoundationCore), 它规定的是设计标准。另一个叫协议子集部分 (FoundationProfile), 它规定的是运作性准则。

蓝牙协议可以分为 4 层,即核心协议层、电缆替代协议层、电话控制协议层和采纳的其它协议层。由于篇幅的限制,这里只向读者介绍核心协议。

蓝牙的核心协议包括基带 (baseband) \ 链路管理 (LMP) \ 逻辑链路控制与适应协议 (SDP) 等四部分。

链路管理 (LMP) 负责蓝牙组件间连接的建立。通过连接的发起、交换、核实,进行身份鉴权和加密等安全方面的任务;通过协商确定基带数据分组大小;它还控制无线单元的电源模式和工作周期,以及微微网内蓝牙组件的连接状态。

逻辑链路控制与适应协议 (L2CAP) 位于基带协议层之上,属于数据链路层,是一个为高层传输和应用层协议屏蔽基带协议的适配协议。其完成数据的拆装、基带与高协议间的适配,并通过协议复用、分用及重组操作为高层提供数据业务和分类提取,它允许高层协议和应用接收或发送长过 64K 字节的 L2CAP 数据包。

业务搜寻协议 (SDP) 是极其重要的部分,它是所使用模式的基础。通过 SDH, 可以查询设备信息、业务及业务特征,并在查询之后建立两个或多个蓝牙设备间的连接。SDP 支持 3 种查询方式:按业务类别搜寻、按业务属性搜寻和业务浏览 (browsing)。

蓝牙作为一个全球公开的无线应用标准,通过把各种语音和数据设备用无线链路连接起来,使人们能随时随地进行数据信息的交换与传输。无疑,它将在人们的日常生活和工作中扮演重要的角色,其市场潜力巨大,正成为 21 世纪的投资热点。

## 蓝牙技术概要

蓝牙技术主要面向网络中各类数据及语音设备（如 PC、拨号网络、笔记本电脑、打印机、数码相机、移动电话和高品质耳机等），通过无线方式将它们连成一个微微网(Piconet)，多个微微网之间也可以互连形成分布式网络(Scatternet)，从而方便、快速地实现各类设备之间的通信。它是实现语音和数据无线传输的开放性规范，是一种低成本、短距离的无线连接技术。其无线收发器是很小的一块芯片，大约有 9mm×9mm，可方便地嵌入到便携式设备中，从而增加设备的通信选择性。蓝牙技术实现了设备的无连接工作，提供了接入数据网的功能，并且具有外围设备接口，可以组成一个特定的小网。蓝牙技术的特点包括：采用跳频技术，抗信号衰落；采用快跳频和短分组技术，减少同频干扰，保证传输的可靠性；采用前向纠错(FEC)编码技术，减少远距离传输时的随机噪声影响；使用 2.4GHz 的 ISM 频段，无需申请许可证；采用 FM 调制方式，降低设备的复杂性。该技术的传输速率设计为 1MHz，以时分方式进行全双工通信，其基带协议是电路交换和分组交换的组合。一个跳频频率发送一个同步分组，每个分组占用一个时隙，也可扩展到 5 个时隙。蓝牙技术支持一个异步数据通道，或 3 个并发的同步语音通道，或一个同时传送异步数据和同步语音的通道。每一个语音通道支持 64kbps 的同步语音；异步通道支持最大速率 721kbps、反向应答速率为 57.6kbps 的非对称连接，或者是 432.6kbps 的对称连接。

### 蓝牙系统的基本术语

\* 微微网 (Piconet)：是由采用蓝牙技术的设备以特定方式组成的网络。微微网的建立是由两台设备（如便携式电脑和蜂窝电话）的连接开始，最多由 8 台设备构成。所有的蓝牙设备都是对等的，以同样的方式工作。然而，当一个微微网建立时，只有一台为主设备，其他均为从设备，而且在一个微微网存在期间将一直维持这一状况。

\* 分布式网络 (Scatternet)：是由多个独立、非同步的微微网形成的。

\* 主设备 (Master unit)：在微微网中，如果某台设备的时钟和跳频序列用于同步其他设备，则称它为主设备。

\* 从设备 (Slave unit)：非主设备的设备均为从设备。

\* MAC 地址(MAC address)：用 3 比特表示的地址，用于区分微微网中的设备。

\* 休眠设备 (Parked units)：在微微网中只参与同步，但没有 MAC 地址的设备。

\* 监听及保持方式 (Sniff and Hold mode)：指微微网中从设备的两种低功耗工作方式。

## 一、网络拓扑结构

蓝牙系统支持点对点以及点对多点通信。几个相互独立、以特定方式连接在一起的微微网构成分布式网络，各微微网由不同的跳频序列来区分。在同一微微网中，所有的用户均用同一跳频序列同步。

## 二、语音

语音采用连续可变斜率调制(CVSD)编码方式，其分组不重传。CVSD 方式抗衰落性强，即使在误比特率达到 4%时，其语音质量也可接受。

## 三、功能单元

蓝牙系统的功能单元包括以下几个部分：

### 1.无线射频单元

蓝牙系统的天线发射功率符合 FCC 关于 ISM 波段的要求。由于采用扩频技术，发射功率可增加到 100mW。系统的最大跳频速率为 1600 跳/秒，在 2.402GHz 到 2.480GHz 之间，采用 79 个 1MHz 带宽的频点。系统的设计通信距离为 0.1 米到 10 米，如果增加发射功率，这一距离也可以达到 100 米。

## 2. 连接控制单元

连接控制单元（即基带）描述了数字信号处理的硬件部分--链路控制器，它实现了基带协议和其他的底层连接规程。

### 1 网络建立

在微微网建立之前，所有设备都处于就绪(STANDBY)状态。在该状态下，未连接的设备每隔 1.28 秒监听一次消息，设备一旦被唤醒，就在预先设定的 32 个跳频频率上监听信息。跳频数目因地区而异，但 32 个跳频频率为绝大多数国家所采用。

连接进程由主设备初始化。如果一个设备的地址已知，就采用页信息(Page message)建立连接；如果地址未知，就采用紧随页信息的查询信息(Inquiry message)建立连接。查询信息主要用来查询地址未知的设备(如公用打印机、传真机等)，它与页信息类似，但需要附加一个周期来收集所有的应答。在初始页状态(PAGE state)，主设备在 16 个跳频频率上发送一串相同的页信息给从设备，如果没有收到应答，主设备就在另外的 16 个跳频频率上发送页信息。主设备到从设备的最大时延为两个唤醒周期（2.56 秒），平均时延为半个唤醒周期（0.64 秒）。

在微微网中，无数据传输的设备转入节能工作状态。主设备可将从设备设置为保持方式(HOLD mode)，此时，只有内部定时器工作；从设备也可以要求转入保持方式。设备由保持方式转出后，可以立即恢复数据传输。连接几个微微网或管理低功耗器件（如温度传感器）时，常使用保持方式。监听方式(SNIFF mode)和休眠方式(PARK mode)是另外两种低功耗工作方式。在监听方式下，从设备监听网络的时间间隔增大，其间隔大小视应用情况由编程确定；在休眠方式下，设备放弃了 MAC 地址，仅偶尔监听网络同步信息和检查广播信息。各节能方式依电源效率高低排列为：休眠方式 保持方式 监听方式。

蓝牙基带技术支持两种连接方式：

- \* 面向连接（SCO）方式：主要用于语音传输；
- \* 无连接(ACL)方式：主要用于分组数据传输。

在同一微微网中，不同的主从设备可以采用不同的连接方式，在一次通信中，连接方式可以任意改变。每一连接方式可支持 16 种不同的分组类型，其中控制分组有 4 种，是 SCO 和 ACL 通用的分组，两种连接方式均采用时分双工（TDD）通信。SCO 为对称连接，支持限时语音传送，主从设备无需轮询即可发送数据。SCO 的分组既可以是语音又可以是数据，当发生中断时，只有数据部分需要重传。ACL 是面向分组的连接，它支持对称和非对称两种传输流量，也支持广播信息。在 ACL 方式下，主设备控制链路带宽，负责从设备带宽的分配；从设备依轮询发送数据。

2 差错控制 基带控制器采用 3 种检纠错方式：

- \* 1/3 前向纠错编码(FEC)；
- \* 2/3 前向纠错编码；
- \* 自动请求重传(ARQ)。

采用 FEC 编码方式的目的在于减少数据重发次数，但在无差错环境，FEC 方式产生的无用检验位降低了数据吞吐量，因此，业务数据是否采用 FEC，还将视需要而定。分组报



头含有重要的连接信息和纠错信息，始终采用 1/3 FEC 方式进行保护性传输。无编号 ARQ 方式应用于在数据发送后的下一时隙就给出确认的数据传输，返回 ACK 意味着头信息校验及循环冗余校验都正确，否则，将返回 NACK。

### 3 认证与加密

认证与加密服务由物理层提供。认证采用口令--应答方式，在连接过程中，可能需要一次或两次认证，或者无需认证。认证对任何一个蓝牙系统都是重要的组成部分，它允许用户自行添加可信任的蓝牙设备，例如，只有用户自己的笔记本电脑才可以通过用户自己的手机进行通信。蓝牙系统采用流密码加密技术，适于硬件实现，密钥长度可以是 0、40 或 64 位，密钥由高层软件管理。蓝牙安全机制的目的在于提供适当级别的保护，如果用户有更高级别的保密要求，可以使用有效的传输层和应用层安全机制。

### 3.链路管理

链路管理器(LM)软件实现链路的建立、认证及链路配置等。链路管理器可发现其他的链路管理器，并通过连接管理协议(LMP)建立通信联系，LM 利用链路控制器(LC)提供的服务实现上述功能。LC 的服务项目包括：接收和发送数据、设备号请求、链路地址查询、建立连接、认证、协商并建立连接方式、确定分组的帧类型、设置监听方式、设置保持方式以及设置休眠方式等。

### 4.软件结构

蓝牙设备应具有互操作性。对于某些设备，从无线电兼容模块和空中接口，直到应用层协议和对象交换格式，都要实现互操作性；对另外一些设备（如头戴式设备等）的要求则宽松得多。蓝牙计划的目标就是要确保任何带有蓝牙标记的设备都能进行互操作。软件的互操作性始于链路级协议的多路传输、设备和服务的发现，以及分组的分段和重组。蓝牙设备必须能够彼此识别，并通过安装合适的软件识别出彼此支持的高层功能。互操作性要求采用相同的应用层协议栈。不同类型的蓝牙设备（如 PC、手持设备、头戴设备、蜂窝电话等）对兼容性有不同的要求，用户不能奢望头戴式设备内含有地址簿。蓝牙的兼容性是指它具有无线电兼容性，有话音收发能力及发现其他蓝牙设备的能力，更多的功能则应由手机、手持设备及笔记本电脑来完成。为实现这些功能，蓝牙软件构架将利用现有的规范，如 OBEX、vCard/vCalendar、HID（人性化接口设备）及 TCP/IP 等，而不是再去开发新的规范。设备的兼容性要求能够适应蓝牙规范和现有的协议。

蓝牙系统的软件结构将实现以下功能：配置及诊断、蓝牙设备的发现、电缆仿真、与外围设备的通信、音频通信及呼叫控制，以及交换名片和电话号码等。

## 无线接入系统

个人通信是人类通信的最高目标，它利用各种可能的网络技术，实现人与人之间任何时间、任何地点。任何种类的通信。在近距离通信中，蓝牙（Bluetooth）无线接入技术使无线单元间的通信变得十分容易，将计算机技术与通信技术更紧密地结合在一起，人们可随时随地进行信息的交换与传输。除此之外，蓝牙技术还可为数字网络和外设提供通用接口，以组建远离固定网络的个人特别连接设备群。

### 1 无线频段的选择和抗干扰

蓝牙技术采用 2400 ~ 2483.5MHz 的 ISM（工业、科学和医学）频段，这是因为：（1）该频段内没有其它系统的信号干扰，同时频段向公众开放，无须特许；（2）频段在全球范围内有效。世界各国、各地区的相关法规不同，一般只规定信号的传输范围和最大传输功率。对于一个在全球范围内运营的系统，其选用的频段必须同时满足所有规定，使任何用户都可接入，因此必须将所需要素最小化。在满足规则的情况下，可自由接入无线频段，此时，抗干扰问题便变得非常重要。因为 2.45GHz ISM 频段为开放频段，使用其中的任何频段都会遇到不可预测的干扰源（如某些家用电器、无绳电话和汽车开门器等），此外，对外部和其它蓝牙用户的干扰源也应作充分估计。

抗干扰方法分为避免干扰和抑制干扰。避免干扰可通过降低各通信单元的信号发射电平来达到；抑制干扰则通过编码或直接序列扩频来实现。然而，在不同的无线环境下，专用系统的干扰和有用信号的动态范围变化极大。在超过 50dB 的远近比和不同环境功率差异的情况下，要达到 1Mb/s 以上速率，仅靠编码和处理增益是不够的。相反，由于信号可在频率（或时间）没有干扰时（或干扰低时）发送，故避免干扰更容易一些。若采用时间避免干扰法，当遇到时域脉冲干扰时，发送的信号将会中止。大部分无线系统是带限的，而在 2.45GHz 频段上，系统带宽为 80MHz，可找到一段无明显干扰的频谱，同时利用频域滤波器对无线频带其余频谱进行抑制，以达到理想效果。因此，以频域避免干扰法更为可行。

### 2 多址接入体系和调制方式

选择专用系统多址接入体系，是因为在 ISM 频段内尚无统一的规定。频分多址（FDMA）的优势在于信道的正交性仅依赖发射端晶振的准确性，结合自适应或动态信道分配结构，可免除干扰，但单一的 FDMA 无法满足 ISM 频段内的扩频需求。时分多址（TDMA）的信道正交化需要严格的时钟同步，在多用户专用系统连接中，保持共同的定时参考十分困难。码分多址（CDMA）可实现扩频，应用于非对称系统，可使专用系统达到最佳性能。直接序列（DS）CDMA 因远近效应，需要一致的功率控制或额外的增益，与 TDMA 相同，其信道正交化也需共同的定时参考，随着使用数目的增加，将需要更高的芯片速度、更宽的带宽（抗干扰）和更多的电路消耗。跳频（FH）CDMA 结合了专用无线系统中的各种优点，信号可扩频至很宽的范围，因而使窄带干扰的影响变得很小。跳频载波为正交，通过滤波，邻近跳频干扰可得到有效抑制，而对窄带和用户间干扰造成的通信中断，可依赖高层协议来解决。在 ISM 频段上，FH 系统的信号带宽限制在 1MHz 以内。为了提高系统的鲁棒性，选择二进制调制结构。由于受带宽限制，其数据速率低于 1Mb/s。为了支持突发数据传输，最佳的方式是采用非相干解调检测。蓝牙技术采用高斯型频移键控（GFSK）调制，调制系数为 0.3。逻辑“1”发送正频偏，逻辑“0”发送负频偏。解调可通过带限 FM 鉴频器完成。

### 3 媒体接入控制 (MAC)

蓝牙系统可实现同一区域内大量的非对称通信。与其它专用系统实行一定范围内的单元共享同一信道不同, 蓝牙系统设计为允许大量独立信道存在, 每一信道仅为有限的用户服务。从调制方式可看出, 在 ISM 频段上, 一条 FH 信道所支持的比特率为  $1\text{Mb/s}$ 。理论上, 79 条载波频谱支持  $79\text{Mb/s}$ , 由于跳频序列非正交化, 理论容量  $79\text{Mb/s}$  不可能达到, 但可远远超过  $1\text{Mb/s}$ 。

一个 FH 蓝牙信道与一微微网相连。微微网信道由一主单元标识 (提供跳频序列) 和系统时钟 (提供跳频相位) 定义, 其它为从单元。每一蓝牙无线系统有一本地时钟, 没有通常的定时参考。当一微微网建立后, 从单元进行时钟补偿, 使之与主单元同步, 微微网释放后, 补偿亦取消, 但可存储起来以便再用。不同信道有不同的主单元, 因而存在不同的跳频序列和相位。一条普通信道的单元数量为 8 (1 主 7 从), 可保证单元间有效寻址和大容量通信。蓝牙系统建立在对等通信基础上, 主从任务仅在微微网生存期内有效, 当微微网取消后, 主从任务随即取消。每一单元皆可为主/从单元, 可定义建立微微网的单元为主单元。除定义微微网外, 主单元还控制微微网的信息流量, 并管理接入。接入为非自由竞争, 625ps 的驻留时间仅允许发送一个数据包。基于竞争的接入方式需较多开销, 效率较低。在蓝牙系统中, 实行主单元集中控制, 通信仅存在于主单元与一个或多个从单元之间。主从单元间通信时, 时隙交替使用。在进行主单元传输时, 主单元确定一个欲通信的从单元地址, 为了防止信道中从单元发送冲突, 采用轮流检测技术, 即对每个从到主时隙, 由主单元决定允许哪个从单元进行发送。这一判定是以前一时隙发送的信息为基础实施的, 且仅有恰为前一主到从被选中的从地址可进行发送。若主单元向一具体从单元发送了信息, 则此从单元被检测, 可发送信息。若主单元未发送信息, 它将发送一检测包来标明从单元的检测情况。主单元的信息流体系包含上行和下行链路, 目前已有考虑从单元特征的智能体系算法。主单元控制可有效阻止微微网中的单元冲突。当互相独立的微微网单元使用同一跳频时, 可能发生干扰。系统利用 ALOHA 技术, 当信息传送时, 不检测载波是否空载 (无侦听), 若信息接收不正确, 将进行重发 (仅有数据)。由于驻留期短, FH 系统不宜采用避免冲突结构, 对每一跳频, 会遇到不同的竞争单元, 后退 (backoff) 机制效率不高。

### 4 基于包的通信

蓝牙系统采用基于包的传输: 将信息流分片 (组) 打包, 在每一时隙内只发送一个数据包。所有数据包格式均相同: 开始为一接入码, 接下来是包头, 最后是负载。

接入码具有伪随机性质, 在某些接入操作中, 可使用直接序列编码。接入码包括微微网主单元标志, 在该信道上, 所有包交换都使用该主单元标志进行标识, 只有接入码与接入微微网主单元的接入码相匹配时, 才能被接收, 从而防止一个微微网的数据包被恰好加载到相同跳频载波的另一微微网单元所接收。在接入端, 接入码与一滑动相关器内要求的编码匹配, 相关器提供直接序列处理增益。包头包含: 从地址连接控制信息 3bit, 以区分微微网中的从单元; 用于标明是否需要自动查询方式 (ARQ) 的响应/非响应 1bit; 包编码类型 4bit, 定义 16 种不同负载类型; 头差错检测编码 (HEC) 8bit, 采用循环冗余检测编码 (CRC) 检查头错误。为了限制开销, 数据包头只用 18bit, 包头采用 1/3 率前向纠错编码 (FEC) 进一步保护。

蓝牙系统定义了 4 种控制包: (1) ID 控制包, 仅包含接入码, 用于信令; (2) 空 (NULL) 包, 仅有接入码和包头, 必须在包头传送连接信息时使用; (3) 检测 (POLL) 包, 与空包相似, 用于主单元迫使从单元返回一响应; (4) FHS 包, 即 FH 同步包, 用于在单元间交

换实时时钟和标志信息（包括两单元跳频同步所需的所有信息地其余 12 种编码类型用于定义包的同步或异步业务。

在时隙信道中，定义了同步和异步连接。目前，异步连接对有无 2/3 率 FEC 编码方式的负载都支持，还可进行单时隙、3 时隙、5 时隙的数据包。异步连接最大用户速率为 723.2kb/s，这时，反向连接速率可达到 57.6kb/s。通过交换包长度和依赖于连接条件的 FEC 编码，自适应连接可用于异步链，依赖有效的用户数据，负载长度可变。然而，最大长度受限于 RX 和 TX 之间最少交换时间（为 200Ps）。对于同步连接，仅定义了单时隙数据包传输，负载长度固定，可以有 1/3 率、2/3 率或无 FEC。同步连接支持全双工，用户速率双向均为 64kb/s。

## 5 以物理连接类型建立连接

蓝牙技术支持同步业务（如话音信息）和异步业务（如突发数据流），定义了两种物理连接类型：同步面向连接的连接（SCO）和异步无连接的连接（ACL）。SCO 为主单元与从单元的点对点连接，通过在常规时间间隔内预留双工时隙建立起来。ACL 是微微网中主单元到所有从单元的点到多点连接，可使用 SCO 连接未用的所有空余时隙，由主单元安排 ACL 连接的流量。微微网的时隙结构允许有效地混合利用异步和同步连接。

专用系统设计中的关键问题是，如何在单元间找到对方，并建立连接。在蓝牙系统中，建立连接分为扫描、呼叫和查询 3 步。在空闲模式下，一单元保持休眠状态，以节省能量，但为了允许建立连接，该单元必须经常侦听是否有其它单元欲建立连接。在实际的专用系统中，没有通用的控制信道（一个单元为侦听呼叫信息而锁定），这在常规蜂窝无线系统中是很普遍的。而在蓝牙系统中，一单元为侦听其标志而周期性被唤醒，当一蓝牙单元被唤醒时，便开始扫描，打开与从自身标志得到的接入码相匹配的滑动相关器。扫描窗稍微超过 10ms，每次单元被唤醒，扫描不同的跳频（规则要求不允许设固定的唤醒频率，可免除干扰）。蓝牙的唤醒跳频序列的数量仅为 32 跳，循环使用，覆盖整个 80MHz 带宽中的 64MHz。序列是伪随机的，在每一蓝牙设备中都是唯一的。序列从单元标志中得到，序列的相位由单元中的自行时钟决定。在空载模式下，要注意功率消耗和响应时间的折中选择：增加休眠时间可降低功耗，但会延长接入时间，由于不知道空闲单元在哪一频率上何时被唤醒，想要连接的单元必须解决时频不定问题。无线单元大部分时间处于空闲模式，这种不确定的任务应由呼叫单元来完成。假定呼叫单元知道欲连接单元的标志，也知道唤醒序列产生用于呼叫信息的接入码，在不同频率上，每 1.25ms 呼叫单元重复发送接入码，对于一次响应，需发送和监听两次接入码。

将连续接入码发送到不同唤醒序列所选择的跳频上。在 10ms 周期内，访问 16 个不同跳频载波，为唤醒序列的一半。在空闲单元的休眠期内，呼叫单元在 16 个频率上循环发送接入码，空闲单元被唤醒后，将收到接入码，并开始建立连接。然而，因为呼叫单元不知道空闲单元的相位，32 个跳频唤醒序列中的其余 16 个频率也可能被唤醒。若呼叫单元在相应的休眠期内收不到空闲单元的响应，它将会在其余的一半跳频序列载波上重复发送接入码。因此，最大的接入码延迟为休眠时间的两倍。当空闲单元收到呼叫信息后，会返回一个提示呼叫单元的信息，即从空闲单元标志中得到的接入码。然后，呼叫单元发送一个 FHS 数据包给空闲单元，包含呼叫单元的全部信息（标志和时钟）。呼叫单元和空闲单元用该信息建立微微网，此时呼叫单元用其标志和时钟定义 FH 信道为主单元，而空闲单元成为从单元。

上述呼叫过程建立在呼叫单元完全不知道空闲单元时钟信息的假设上。如果两单元间建立过联系，呼叫单元会对空闲单元时钟有一估计。当单元连接时，将交换时钟信息，存储各自自由运行本地时钟间的补偿时间。这种补偿仅在建立连接时准确，当连接释放后，

由于时钟漂移，补偿信息变得不可靠。补偿的可靠性与最后一次连接后的时间长度成反比。

建立连接时，接收标志用于决定呼叫信息和唤醒序列。若不知道该信息，欲进行连接的单元可发布一查询消息，让接收方返回其地址和时钟信息。在查询过程中，查询者可决定哪个单元在需要的范围内，特性如何。查询信息也为一接入码，但从预留标志（查询地址）得到。空闲单元根据 32 跳的查询序列侦听查询信息，收到查询信息的单元返回 FHS 包。对于返回的 FHS 包，采用一随机阻止机制，防止多个接收端同时发送。

在呼叫和查询过程中，使用了 32 跳载波。对于纯跳频系统，最少要使用 75 跳载波。然而，在呼叫和查询过程中，仅有一个接入码用于信令。接入码用作直接序列编码，得到由直接序列编码处理增益结合 32 跳频序列的处理增益，可满足混合 DS / FH 系统规定所要求的处理增益。因此，在呼叫和查询过程中，蓝牙系统是混合 DS / FH 系统；而在连接时，为纯 FH 系统。

## 6 纠错

蓝牙系统的纠错机制分为 FEC 和包重发。FEC 支持 1 / 3 率和 2 / 3 率 FEC 码。1 / 3 率仅用 3bit 重复编码，大部分在接收端判决，既可用于数据包头，也可用于 SCO 连接的包负载。2 / 3 率码使用一种缩短的汉明码，误码捕捉用于解码，它既可用于 SCO 连接的同步包负载，也可用于 ACL 连接的异步包负载。使用 FEC 码，编 / 解码过程变得简单迅速，这对 RX 和 TX 间的有限处理时间非常重要。

在 ACL 连接中，可用 ARQ 结构。在这种结构中，若接收方没有响应，则发端将包重发。每一负载包包含有一 CRC，用来检测误码。ARQ 结构分为：停止等待 ARQ、向后 N 个 ARQ、重复选择 ARQ 和混合结构。为了减少复杂性，使开销和无效重发为最小，蓝牙执行快 ARQ 结构：发送端在 TX 时隙重发包，在 RX 时隙提示包接收情况。若加入 2 / 3 率 FEC 码，将得到类混合 ARQ 结构的结果。ACK / NACK 信息加载在返回包的包头里，在 RX / TX 的结构交换时间里，判定接收包是否正确。在返回包的包头里，生成 ACK / NACK 域，同时，接收包包头的 ACK / NACK 域可表明前面的负载是否正确接收，决定是否需要重发或发送下一个包。由于处理时间短，当包接收时，解码选择在空闲时间进行，并要简化 FEC 编码结构，以加快处理速度。快速 ARQ 结构与停止等待 ARQ 结构相似，但时延最小，实际上没有由 ARQ 结构引起的附加时延。该结构比向后 N 个 ARQ 更有效，并与重复选择 ARQ 效率相同，但由于只有失效的包被重发，可减少开销。在快速 ARQ 结构中，仅有 1bit 序列号就够了（为了滤除在 ACK / NACK 域中的错误而正确接收两次数据包）。

## 7 功率管理

在蓝牙系统的设计中，需要特别注意减少电流消耗。在空闲模式下，在 T 从 1.28 ~ 3.84s 区间内，单元仅扫描 10ms，有效循环低于 1%。在一个 PAXIL 下，有效循环可减少更多，但 PARK 模式仅在微微网建立之后使用，从单元可停下工作，即以非常低的有效循环来侦听信道。从单元仅需侦听接入码和包头来重新使时钟同步，决定是否可重新进入休眠状态。因为在时间和频率上都已确定（不工作的从单元被锁定到主单元，与无线和蜂窝电话被锁定到基站类似），所以可达到非常低的有效循环。在连接中，另一非功耗模式是 SNIFF 模式，在这种模式下，从单元不是每一主一从时隙内部扫描，因此扫描之间有较大间隔。

在连接状态下，数据仅在有效时发送，使电流消耗最小，且可防止干扰。若仅有连接控制信息要传送（ACK / NACK），则将发送一无负载的空包。因为 NACK 为省缺设置，NACK 的空包不一定要发送。在长静育期内，主单元隔一定时间在信道上重发一个数据包，使所有从单元对其时钟重新同步，对时间漂移进行补偿。在连续的 TX / RX 操作中，一单元开始扫描始于 RX 时隙的接入码，若未找到该接入码的某窗口，则该单元返回休眠状态，

直到下一个 TX 时隙（对主单元）或 RX 时隙（对从单元）；若接入码被接收（即接收信号与要求的接入码匹配），包头被解码。若 3bit 从单元地址与接收到的不匹配，进一步的接收将停止，包头用于表示包的类型和包的持续时间，由此，非接收方可决定休眠时间。

## 8 微微网间通信

蓝牙系统可优化到在同一区域中有数十个微微网运行，而没有明显的性能下降（在同一区域的多个微微网称为分散网）。蓝牙时隙连接采用基于包的通信，使不同微微网可互联。欲连接单元可加入到不同微微网中，但因无线信号只能调制到单一跳频载波上，任一时刻单元只能在一微微网中通信。通过调整微微网信道参数（即主单元标志和主单元时钟），单元可从一微微网跳到另一微微网中，并可改变任务。例如，某一时刻在一微微网中的主单元，另一时刻在另一微微网中为从单元。主单元参数标示了微微网的 FH 信道，因此一单元不可能在不同的微微网中都为主单元。跳频选择机制应设计成允许微微网间可相互通信，通过改变标志和时钟输入到选择机制，新微微网可立即选择新的跳频。为了使不同微微网间的跳频可行，数据流体系中设有保护时间，以防止不同微微网的时隙差异。在蓝牙系统中，引入了 HOLD 模式，允许一单元临时离开一微微网而访问另一微微网（HOLD 也可在离开后无新的微微网访问期间作为一附加低功率模式）。

## 蓝牙技术的市场展望

早在 1994 年，爱立信公司首先提出了蓝牙技术开发计划，到 1997 年，参与开发蓝牙技术的厂商还有诺基亚、英特尔、IBM 和东芝公司。1998 年 5 月，这 5 家最初的倡导公司成立了蓝牙技术特别兴趣小组（SIG）。截止到 2000 年 9 月，蓝牙技术特别兴趣小组的成员已增加到了 2000 多家。蓝牙技术开发商中包括了许多电子产品的生产商、技术供应商、软件设计公司、元器件供应商以及与电子行业相关的各类公司。

蓝牙技术特别兴趣小组成员之所以增加如此之快，是因为蓝牙技术成本低，应用范围广，他们看中了该技术广阔的市场前景。据报道，2000 年 6 月公布的第一代蓝牙技术模块的实现成本大约为 20 美元，到 2002 年将降至 5 美元左右。用蓝牙技术可制造蓝牙芯片、移动电话使用的无线耳机，组建个人局域网，它不仅应用于手机、电脑、PDA、数字相机这些热门电子产品，甚至可以影响到玩具、家用电器、普通电话、汽车等传统产品。

### 蓝牙技术和产品应用领域

蓝牙技术的实质内容是要建立通用的无线接口及其控制软件的开放标准，使计算机和通信进一步结合，使不同厂家生产的便携式设备在没有电线或电缆相互连接的情况下，能在近距离范围内互连互通。

作为“电缆替代”技术提出的蓝牙技术发展到现在已经演化成了一种个人信息网络的技术。它将内嵌蓝牙芯片的设备互连起来，提供话音和数据接入服务，实现信息的自动交换和处理。蓝牙技术主要针对三大类的应用：话音 / 数据接入、外围设备互连和个人局域网。话音 / 数据的接入是将一台计算机通过安全的无线链路连接到通话设备，完成与广域通信网络的互联。外围设备互连是指将各种设备通过蓝牙链路连接到主机。个人局域网的主要应用是个人网络和信息的共享和交换。

从市场的角度看，蓝牙技术可制造出点对点连接、点对多点连接的市场应用产品及个人局域网等网络产品。

#### 1. 点对点连接的市场应用产品

目前，这类产品应用比较广。第一代采用蓝牙技术的产品主要集中在话音通信方面，如爱立信公司首先推出的移动电话使用的无线耳麦，这种耳麦使得移动电话在环境噪声很大的情况下仍可自由地通话。爱立信的 T28、R320、R310 和 A2618 等手机都可以通过蓝牙电话适配器与蓝牙耳麦实现通话。近日，爱立信获得美国《工业周刊》颁发的 2000 年度卓越技术奖以表彰其在推广蓝牙技术方面的突出贡献。第二代产品可能是带有嵌入式蓝牙技术模块的数据通信产品，它们能够在单个设备之间，如膝上计算机与 PDA 间传送数据或文件。

蓝牙移动电话适配器可与任意一部手机连接并使手机与其它蓝牙设备通信。为此，可将蓝牙 PC 卡插入笔记本中的 PCMCIA 槽，笔记本计算机与所有可以联系的蓝牙手机连接，这样，就能接入因特网或发送电子邮件。这与红外连接不同的是，笔记本和手机之间不用直视连接。

此外，蓝牙技术还为制造商和用户描绘了崭新的前景。今后在任何情况下，都能将使用蓝牙技术的对讲电话设备用于汽车。模块式的终端设备也将被制造出来，因此，可为视频信号传输设计能显示图像的大型显示器，移动电话与显示器进行无线连接，甚至用高速电路接收交换数据的视频信号，蓝牙设备也可向单个显示器发送信息，最大有效数据速率可达 700kbit/s。

手表大小的掌上电脑是蓝牙信息产品的流行样式。爱立信公司的微型管理器是终端与显示器的连接点，可以接收电子邮件，选择预先制作的回答信息并发送出去，发出的回答信息立即传到工作范围内的笔记本 PC 或掌上型电脑。

无线操作的便携硬盘是蓝牙技术应用的另一种市场产品。电脑用户在主机和硬盘间可进行无线操作，离开时将硬盘带走，防止他人非法操作。目前许多厂商都已开发了数款面向企业和普通消费者的蓝牙技术通信产品，其中有一款叫做 Netdrive 的便携式硬盘，它可利用蓝牙技术无线接收数据，加以存储（总容量可达 200 兆）。

Sphinx 电子公司生产了一种用蓝牙技术改进的打印机，它由类似 PC 卡大小的无线电收发信机、一个 RS - 232 模块和一个中心接口组成。TDK 公司于 2000 年 2 月底在汉诺威博览会上推出了无线 PC 卡并演示了其传输视频图像的性能。

## 2. 点对多点连接的市场产品

点对多点连接可实现小网络，最小网络叫做微微网，它由工作于自己信道的两个或多个设备单元组成，微微网中的主设备调节在信道上进行的联系。按规定，由建立微微网的单元承担主单元作用，所有其他参加者作为从单元，参加者可以实现交换作用。在这方面，如由 ELSA 公司推出的微型链路 ISDN 蓝牙产品可作为外部 ISDN 调制解调器，微型链路 USB 蓝牙产品用作 PC 的适配器，微型链路 MC 蓝牙产品用作笔记本的 PC 卡。最初这些设备只限于两个设备之间连接。在今后的版本中，EISA 公司要扩展调制解调器和适配器的功能，设计用于点对多点的连接，然后可实现蓝牙标准中规定的小型网络。

点对多点连接的应用还适用于公共建筑、地铁站或飞机场的热点服务，如商务旅行者在飞机场用短距离无线电通信实现公共因特网的访问。该方案可实现将移动无线通信基站扩展为家庭服务站。

## 3. 个人局域网

蓝牙技术的另一个实力体现在构成特设网络，在一个网络中可连接 8 个设备。

个人局域网由便携式电脑、手机、打印机等组成，可形成点对点。点对多点连接。移动电话作为信息网关，使各种便携式设备之间交换内容，采用通用移动接口、开放的技术平台及标准。通过使用跳频方式、短数据包和前向纠错（FEC）保证各台站之间稳定、可靠的传输。此外，多个微微网可以耦合。在微微网内原则上所有设备都是平等的，但为了联结的持续存在，一个设备承担主功能，其他设备以从单元工作。

## 4. 手机应用新领域

蓝牙技术应用市场领域的前景几乎是无限的。例如蓝牙技术可以实现入口控制。诺基亚公司将蓝牙技术组合在门中，以使用手机开门，接收人可在检票口或禁止通行处记录下芯片的识别情况并认出电话所有者，认为有理由为其开门。因为成本低，还可以为入口控制制造单独的发射机。

Sphinx 电子公司演示了百货公司入口控制系统的版本。智能标价装置将入口处的商品价格传给探测器，探测器又将总额无线发送到顾客的手机上，金额被证实后用无线进行转帐。

在巴黎 99' 博览会上，Sonera 公司展出了用手机和蓝牙技术操作的饮料自动装置。Sonera 平台不仅控制自动装置，同时还用无线计算价格。

## 蓝牙技术市场前景展望

据预测，到 2004 年，在所有重要的电子产品中，60% 将是便携式的，而蓝牙技术恰恰



是在这些设备之间提供无线连接的主要技术。蓝牙技术产品的全球销售额 2000 年达到 3670 万美元，2001 年将增至 1.3 亿美元、2006 年有望突破 7 亿美元。到 2005 年，整个世界的蓝牙市场容量将达 30 亿美元。

未来的信息家电将是以因特网和家庭网络为基础，能以无线连接实现双向传输，蓝牙技术是符合家电需求的优选技术。

据美国 ABI 市场调查公司预测，采用蓝牙无线电技术的通信应用设备将从 2002 年的 5600 万部迅速增长到 2005 年的 14 亿部。随着设备的增加，届时蓝牙芯片的销售额可达 53 亿美元。

蓝牙技术不仅在手机、照相机及 PC 应用中显示出巨大的增长，而且汽车也将装备蓝牙技术设备。如爱立信与 Mannesmann VDO 公司发展联盟，以便开发基于蓝牙技术的汽车报警器。爱立信公司估计，2003 年将有 1000 万辆汽车装备这种设备，报警器还可安装在移动电话中，为用户报警。蓝牙技术的应用还将用于从 PC 到工业应用无线设备的嵌入式收发信机。2002 年，使用蓝牙的手机占全部蓝牙设备的 65%，2005 年便下降到 47%。在此期间，蓝牙技术将快速渗入 PC、消费类电子产品等其他领域。

Frost & Sullivan 公司研究，欧洲蓝牙技术芯片市场前景看好，因此，2000 年欧洲的销售已达 3670 万美元，到 2006 年将约达 7 亿美元。

蓝牙技术在我国也有广阔的市场前景。国内专家预言，就当前信息技术产品的普及情况看，蓝牙技术更适合在中国发展。目前中国约有 2 亿个家庭，近 1.5 亿台电视，约 2000 万台电脑，固定电话用户已超过 2 亿。上网用户超过 2000 万，专线上网和拨号上网的计算机 800 多万台。从这些数据可以预测出中国的个人网络终端市场是巨大的，因此，蓝牙技术在中国将有非常广阔的市场前景。

## 新兴的短距离无线通信技术

目前移动通信发展很快。现有的 GSM、NCDMA 等技术正红红火火地发展，第三代移动通信系统（3G）也已经提上了议事日程，并将很快投入商用。这些技术能实现远距离的通信。但人们也许没有注意到，在同一间屋内或在相距咫尺的地方，同样也需要无线通信。因此，又出现了另外一种需求：实现低价位、低功耗、可替代电缆的无线数据和语音链路。人们希望通过一个小型的、短距离的无线网络为移动和商业用户提供各种服务。

目前，近距离的便携式设备之间的连接用得最多的是红外线链路（简称 IrDA）。应用 IrDA 虽然能免去电线或电缆的连接，但是使用起来仍有许多不便：连接距离局限于 1—2 米，而且必须在视线直接对准，中间不能有任何阻挡；只限于在两个设备之间进行连接，不能同时连接更多的设备。

### “蓝芽”计划

1998 年 5 月，爱立信、诺基亚、东芝、IBM 和英特尔等五家世界著名大公司联合宣布了一项叫做“蓝芽”（Bluetooth）的计划，并创建了蓝芽特殊利益集团。他们力图制订一个开放的工业标准，并据以建立应用于移动和商业市场的可替代电缆的短距离无线通信技术。这项计划公布后，迅速得到包括摩托罗拉、朗讯、康柏、西门子、高通、3Com、TDK 等大公司在内的许多厂商的支持。1999 年 12 月 1 日，微软、朗讯、3Com 和摩托罗拉四家公司加入到创始者行列，使得蓝芽特殊利益集团成为由 9 家公司共同领导。到 2000 年 6 月为止，全世界已经有 1882 家企业、机构加入这一集团。

1999 年 12 月 1 日，蓝芽特殊利益集团发布了“蓝芽”标准的最新版，即 1.0B 版。“蓝芽”标准主要定义的是底层协议，同时为保证和其它协议的兼容性，也定义了一些高层协议和相关接口。

就其工业实现而言，“蓝芽”标准可以分为硬件和软件两个部分。硬件部分包括射频/无线电协议、基带/链路控制器协议和链路管理器协议，一般是做成一个芯片。软件部分则包括逻辑链路控制与适配协议及其以上的所有部分。硬件和软件之间通过 HCI 进行连接，也就是说 HCI 在硬件和软件中都有，两者提供相同的接口进行通信。

### “蓝芽”技术的典型应用

总的来说，“蓝芽”技术适用于以下三个方面的短距离无线连接：（1）数据和语音接入点；（2）替代电线和电缆；（3）包含硬件、软件和互操作需求的一种无固定中心站的网络。

对于用户来说，以下的情景也许在不久的将来就会实现：所有的设备——包括笔记本电脑、鼠标、打印机、接入点、移动电话和话筒等——都使用“蓝芽”协议无线地连接在一起，进行语音和数据的交换，同时，还可以通过无线或有线的接入点（如 PSTN，ISDN，LAN，xDSL）与外界相连。

### “蓝芽”技术的几种典型应用如下：

（1）三合一电话。“蓝芽”技术使一部移动电话手机能在多种场合内使用：在办公室里，这部手机是内部电话，不计电话费；在家里，是无绳电话，计固定电话费；出门在外，是一部移动电话，按蜂窝移动电话的话费订费。

（2）因特网桥。“蓝芽”技术可以使便携式电脑在任何地方都能通过移动电话手机进入因特网，随时随地到因特网上去“冲浪”。

（3）交互性会议。在会议中，“蓝芽”技术可以迅速使自己的信息通过便携电脑、手

机、PDA 等供其他与会者共享。

(4) 房门公文包。笔记本电脑还在皮包里时收到了外来的电子邮件，用户的移动电话就会发出声音，提醒用户“电脑收到了电子邮件”。这时用户不用打开电脑，在手机上就可以浏览收到的电子邮件。

(5) 数字相机中图像的无线传输。“蓝芽”技术将数字相机中的图像发送给其它的数字相机或者 PC 机、PDA 等。

(6) 各种家用设备的遥控和组成家电网络。

### 最新进展

在产品方面，爱立信公司发布了基于“蓝芽”技术的无线耳机，并将于 2000 年第 4 季度向市场投放内置了“蓝芽”收发信号模块的移动电话手机；摩托罗拉公司在消费类电子产品展览会上将展示因特网接人和同步服务；ELSA 公司将在今年三季度提供“蓝芽”ISDN 产品。“蓝芽”的 PCMCIA 卡和调制解调器也即将面世。另外，越来越多的公司宣布将生产各种各样基于“蓝芽”技术的产品。

在芯片方面，有关厂商已经开发出了各种“蓝芽”专用集成电路 (ASIC)，并发布了相应的开发工具包，使较早采用此技术的厂商能更快更容易地生产出应用产品。

在软件方面，不少公司也开发出了相应的“蓝芽”物议钱。特别值得一提的是，总部在加拿大而开发工作在北京进行的 IVT 公司实现了用 C 代码和 SDL 的“蓝芽”协议栈，可以针对不同的操作系统，并开发出了相应的软件开发包。

“蓝芽”技术把各种便携式电脑、移动电话和家用电器等用无线链路连接起来，将计算机与通信更加密切结合起来，使人们能随时随地进行数据信息的交换与传输。人们相信，“蓝芽”技术将掀起无线连接与通信的革命。因此，电信业、计算机业、家电业都对“蓝芽”技术很重视，认为“蓝芽”技术将对未来的无线移动数据通信业务有巨大的促进作用，预计在最近几年内无线数据通信业务将迅速增长。“蓝芽”技术被认为是无线数据通信最为重大的进展之一。

“蓝芽”技术为许多新兴公司提供了一个很好的商机，目前很多从事“蓝芽”技术开发的公司都是新兴的公司。在我国，目前已有华为、大唐、东方通信等企业以及北京邮电大学、东南大学等研究机构加入了游芽特殊利益集团。紧跟世界的发展趋势，结合我国的特点尽早对“蓝芽”技术进行研究和开发，做出我们自己的产品，这是十分必要的，也是十分有发展前途的。

## 信息家电与蓝芽技术

信息家电是近年提出的一个概念，最重要的特征：它能通过 Internet 双向传递数字化的信息，它所替代的是 PC 上的网络浏览，收发电子邮件、网络游戏、视频电话以及今后的网上交易等功能。信息家电是网络上的家电，而不是 PC 的外设。也就是说，信息家电本身具有一定的智能，并支持某种统一的、标准的通信协议和控制协议，能够互相识别，而不必像计算机外设那样必须受 PC 控制。

就像 PC 的产生创造了微软、Intel 的奇迹一样，信息家电市场的产生无疑又带来一次历史性的机遇。在它面前，对于每个行业都是一次新的机会，谁抓住它，谁就有可能创造奇迹。权威部门预测，到 2003 年，以 3C 为旗帜的信息电器销售量会超过 PC。10 年以后，会超过 PC 数量的 10 倍。而且我们相信，不久的将来，所谓传统 PC 与信息家电之间的界限也会越来越模糊，甚至会出现一种全新的信息装置，来取代现有的 PC。

家庭网络是信息社会的基本单元，在整个家庭与社会的信息网络因特网相连之前，家庭内部所有的信息设备应当首先相互之间先连成网络，这就是家庭网络。显然，连接家庭网络的最理想的技术就是无线通信技术。

目前，关于无线联网的技术已有不少产品和标准，如 Butterfly、Diamond Proxim、ShareWare 等公司的产品，其中大都应用的是 2.4GHz ISM 频段的无线跳频扩频技术；但是，当前最具代表性的主要是 HomeRF 与 Bluetooth 两大技术标准。HomeRF 家庭无线工作组建立了一种共享无线访问协议 SWAP。主要针对家庭无线局域网的目标，其数据通信采用简经的 IEEE 802.11 协议标准，沿用的是以太网的带有冲突检测的载波监听多址技术 CS-MA/CD，经过适当改造后，将其应用于无线访问环境，在进行语音通信时它采用的是 DECT 标准，使用 TDMA 的时分多址技术。目前，HomeRF 也采用 2.4GHz 的无线跳频扩频技术，但它为了提高传输速率，正准备提高到 5GHz 的频段。Bluetooth 技术标准与 HomeRF 有一些相似的地方，如两者均采用 2.4GHz 的无线跳频扩频技术，传输速率目前均为 1-2Mb/s。但是，两者的主要区别就在于，HomeRF 的 SWAP 协议主要是侧重于 PC 及其外设的无线局域网；而蓝芽技术则主要为便携式移动计算设备或手持式通信信息设备所设计的技术规范。HomeRF 家庭无线工作组是以 Intel 公司为首的，但该组织的凝聚力不够，各自都想标新立异，例如前面所述的几家公司虽然都是 HomeRF 家庭无线工作组的主要成员，但却顾不上 SWAP 的标准纷纷各自推出自己的产品抢占市场。这其中不乏有所谓风险投资企业的特征，但就 Intel 公司本身而言，它也同时蓝芽特殊兴趣集团（Bluetooth SIG）主要发起者之一。就技术标准来说，HomeRF 的 SWAP 还没有完全向业界公开，因此其加盟的成员较少，仅为 60 多个。与蓝芽特殊兴趣集团（Bluetooth SIG）的 1800 多家的组织成员，是不能相比的。

在短时间内获得如此众多的开发商的支持，一方面说明蓝芽技术的科学和先进性，另一方面也表明蓝芽技术标准的开放性优势。

当前因特网之所以能够得到如此迅速发展，主要是得益于网络通信协议的开放，网络管理的开放。而 IBM PC 的普及也主要是得益于其他硬件和软件技术的开放。苹果机没有达到 IBM PC 的普及程度，主要原因也是由于其技术没有完全开放。又例如，无线移动通信 CDMA 技术，虽然在通信质量，频带利用率等方面都要比 TDMA 的 GSM 标准优越，但是在目前的移动通信中，窄带 SCDMA 的市场规模要比 GSM 小得多。这其中的主要一点就是其专利技术的保护太过分了，而 GSM 的技术标准就是完全公开的。一项信息技术标准，特别是涉及全球大众通信协议的技术标准，它的技术公开程度与其是否能够提到广泛应用是密切相关的，众人拾柴火焰高，蓝芽技术的前景也正是由于这一点。

到目前为止，蓝芽技术已得以多方面的支持，其中包括单片化的无线芯片，基带处理芯片，结构小巧的陶瓷天线以及即插即用的操作系统标准等。

## Bluetooth 与 IBM

Bluetooth（蓝牙）是一种由 Ericsson、IBM、INTEL、NIKIA 和 TOSHIBA 公司作为原始发起组织于 1998 年 5 月提出的无线技术标准。从那以后的短短两年间，已经有超过 1800 家的公司加入到 Bluetooth 的特殊兴趣组（SGI）之中，这使得 Bluetooth 技术以一种从未有过的速度日益成长起来，并将极大地改变我们生活和行为方式。

Bluetooth 是一种个人连接技术，它的初始目标在于通过短距无线链路使得个人移动设备和其他设备（个人的或公共的，小的或大的）进行互连，但 Bluetooth 的应用范围将远远超过这一目标。

### 技术特点

Bluetooth 在技术上的特点可归纳为以下几点：

1、全球可操作性。Bluetooth 使用 2.4GHz 的 ISM 频段，该频段在全球各个国家都是有效的，没有被任何一个组织或行业单独占有，可自由使用。

2、10 - 100 米的有效无线通讯距离。发射功率为 1mW(0dBm)时的有效通讯距离为小于 / 等于 10 米，这种情况适合于短距设备，如鼠标、键盘、耳机等；在发射功率为 100mW(20dBm)时的有效通讯距离为小于 / 等于 100 米，这种情况适合于设备经常变动的环境，如移动电话，访问接入点，笔记本电脑等。

3、1Mbps 的数据传输率。今后的版本将支持 2Mbps 的数据传输率。

4、同时支持语音和数据传输。

5、小尺寸，低功耗和低价格。Bluetooth 为了节省设备的耗电量采用了许多措施。

6、非常可靠的数据和语音传输能力。

7、可靠的，可扩充的安全技术。Bluetooth 在三个层次上提供系统安全：首先是每个 Bluetooth 单元拥有一个全球唯一的 48 位物理地址，数据只能由对应的 Bluetooth 单元接收；其次，Bluetooth 提供了基于 8 - 128 位的密钥的数据加密机制，保证数据传输的可靠性。Bluetooth 单元的数据加密密钥的长度是可配置的，长度为 8-128 位，并由生产厂商在出厂前指定，用户无法指定密钥的长度。Bluetooth 的这种特点使得生产厂商可根据不同国家政府关于出口或进口的相关规定来提供不同的 Bluetooth 单元。

### 技术应用

Bluetooth 的上述特点决定了它所拥有的巨大的商业价值，其应用空间将极为广阔，未来的世界 Bluetooth 技术将无处不在。假设有一个小组正集中在一个会议室准备开会，当他们还在喝茶和启动 Thinkpad 时，Bluetooth 将会自动为他们建立起一个临时性的网络环境。在会议期间，会议成员中以非常方便地共享信息和相互交换文件而不需要任何连线，同时，一个成员的加入和离开不会对整个网络产生任何不利的影响，当会议结束时，伴随着人们的离开，先前建立起的临时网络也随即消失。当然，Bluetooth 的应用远远上止上述情况，就目前的技术状况来看，Bluetooth 技术的应用可包括以下几个方面：

1、替代传统的数据电缆连接。从而能够有效地简化计算机产品之间，及其和外设之间的通信。例如，移动电话和 PC 间的通讯、键盘和主机间的通讯。

2、应用到各种家电产品、消费电子产品和汽车等信息家电中。为各种电子产品的网络互连提供一种廉价而实用方案，从而促进相关领域内的技术进步和革新。

3、为因特网提供短距无线接入点。从而为各种电子产品融入 Internet 的世界提供便捷的途径。

4、为个人局域网提供网络连接手段。个人身上佩戴的各种电子设备，如移动电话、寻呼机、掌上电脑、耳机等，可通过 Bluetooth 构成一相相对独立的个人局域网，从而使各个设备间可以相互通信和相互利用对方的功能。

5、应用到电子商务领域。Bluetooth 的可靠的安全特性既可以保证通信双方的身份的可靠性，又能保证通信数据的安全性，这一特点使得 Bluetooth 在电子商务领域将拥有巨大的应用前景。

## 技术前景

Bluetooth 技术的前景在很大程度上取决于半导体厂商能否及时制造出实用的单芯片 Bluetooth 模块。Bluetooth 开发商们的目标必定是制造出集所有组件为一体的单芯片 Bluetooth 的模块，从而减小它的价格和功耗。IBM 的最新硅锗（SiGe）半导体技术非常适合于单芯片 Bluetooth 模块的制造，而传统的硅逻辑半导体技术无法覆盖无线射频领域。换句话说，硅锗（SiGe）半导体技术能够同时支持数字逻辑电路和射频收发。基于这个原因，IBM 的 Watson 研究中心在基于该技术提出一种应用结构，使之成为 Bluetooth 芯片研究、制造的理想平台。

IBM 始终走在 Bluetooth 技术发展的前沿，其普及运算网络和通讯部门正在为扩展 Bluetooth 的灵活性做出革命性的贡献。对 Bluetooth 的技术的改进以及对其潜力的挖掘将是 IBM 的长期工作。Bluetooth 技术必定会为 IBM 的 ThinkPad 和 Workpad 提供非常便利的连接性，并且会大大促进 IBM 的软件产业，比如，无线域访问和移动连接，从而极大地加强 IBM 的移动电子商务的业务量。在 Bluetooth 方兴未艾之际，IBM 已在将它推向市场方面采取了一系列动作。

2000 年 1 月，IBM 宣传将发布全新的 ThinkPad 笔记本电脑和 Workpad 掌上电脑等系列产品，以支持现有的 Bluetooth 标准。

2000 年 3 月，IBM 宣布与 TDK 公司建立合作关系，联合开发 Bluetooth 技术。这项技术将主要用于 IBM 公司的 ThinkPad 系列产品。

2000 年 7 月，IBM 宣布将它先前在 Linux 上实现的 Bluetooth 协议栈 BlueDrekar 的一部分加和开放源代码组织，以促进 Linux 开发人员和 Bluetooth 标准的结合。这些源代码将以 Gnu 许可协议的形式发布，包含相关的通信协议和设备驱动，使得基于 Linux 的设备能够通过 Bluetooth 标准进行通讯。