

基于蓝牙技术的嵌入式广告发送系统设计

倪晓军 郑 龙 章志成 敖永红

(国防科技大学信息中心, 长沙 410073)

摘 要 介绍了基于蓝牙技术的嵌入式广告发送系统的设计与实现。系统以嵌入式 CPU S3C2440 为硬件核心,以嵌入式 Linux 为操作系统,搭配 USB 蓝牙适配器(Dongle),构建一个嵌入式蓝牙广告发送系统。交叉编译 BlueZ 的库和工具,构建 ARM Linux 下的蓝牙运行环境。通过对蓝牙适配器的编程,实现了将各种媒体文件通过蓝牙适配器传送给蓝牙手机的功能。

关键词 ARM Linux 蓝牙 BlueZ 广告

中图法分类号 TN925.93;

文献标志码 A

蓝牙技术^[1]是目前被认可的短距离无线通信技术,广泛应用于手机、电脑以及汽车免提系统。以蓝牙技术为依托,在室内或室外布置一系列称作蓝牙广播站的蓝牙设备,通过这些设备自动搜索覆盖范围内(目前多在 100 m 以内)的蓝牙终端(手机、PDA、PC 等),而后询问用户是否愿意接收一个广告文件(文字、图片、视频、电子地图、文本文档,名片和游戏等等多种多样的信息形式),经过允许后方可向用户发送数据信息。与传统的平面或视频广告媒体相比,蓝牙媒体具有先进而强大的技术背景和功能承载。通过蓝牙,将信息直接送达用户手机中,商家与消费者之间形成互动,拉近两者的空间距离,缩短了营销手段与购买行为的时间周期。

本文设计了一种基于蓝牙技术的嵌入式广告发送系统。系统以嵌入式 S3C2440 CPU 为硬件核心,以嵌入式 Linux 为操作系统,搭配 USB 蓝牙适配器(Dongle),构建一个嵌入式蓝牙广告发送系统。

1 系统硬件平台设计

蓝牙广播站系统是一个用于向周围的蓝牙手持设备推送文件的嵌入式系统,软件上采用嵌入式

Linux 操作系统,硬件上以三星 ARM9 嵌入式处理器为核心,配有大容量的 RAM、FLASH,以及以太网接口、SD 卡接口、USB 接口、UART、蓝牙 Dongle 等外围设备,其原理框图如图 1 所示。

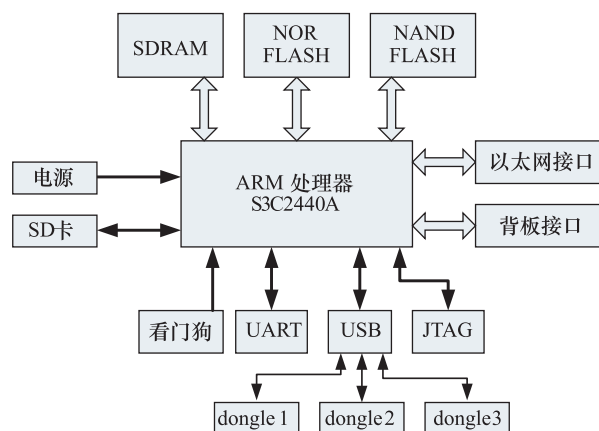


图 1 系统硬件原理框图

在结构上蓝牙广播站由三部分组成:ARM9 平台、USB 扩展板和蓝牙 USB Dongle,ARM9 平台与 USB 扩展板通过排针连接,蓝牙 USB Dongle 通过 USB 连接器和 USB 扩展板连接。其中 ARM9 平台和 USB 扩展板为自制设备,蓝牙 USB Dongle 采用了韩国 AirLogic 公司的基于 CSR BC4_EXTERNAL 芯片的 class 1 模块。

ARM9 处理器采用三星 S3C2440A 嵌入式处理器,它是整个系统的核心,控制着系统全部资源的分配,对输入信号进行处理,对系统各部分的运行

2010 年 10 月 27 日收到

第一作者简介:倪晓军(1971—),男,汉,湖南长沙人,工程师,研究方向:现代教育技术。E-mail:xiaojunni@163.com。

进行调度,并产生相应的输出信号。DRAM 提供系统运行的暂存;NOR FLASH 用来存储 S3C2440A 的 bootloader;NAND FLASH 用来存储操作系统、文件系统和用户文件等;以太网接口模块(网络接口芯片和网口)提供 10 M/100 M 自适应以太网接口;总线扩展和 I/O 扩展接口用于功能扩展;JTAG 接口用于 bootloader 的下载和程序调试;扩展板接口用于连接 USB 扩展板;串口用于系统调试;USB HOST 可外接大容量可移动存储设备等;看门狗用于系统上电启动和复位。

S3C2440A 只提供一个 USB HOST 接口,所以需要对其进行扩展,以连接多个蓝牙 Dongle。USB 扩展板的功能为扩展 USB 接口,最多可以提供 7 个 USB 接口。蓝牙 Dongle 主要用于蓝牙搜索和文件推送等功能^[2]。

2 ARM 平台下的蓝牙开发

基于 Linux 的开放的蓝牙协议栈 BlueZ 是公开的免费蓝牙协议栈。由于它结构简单,具有灵活、高效和模块化的特点,BlueZ 已经成为 Linux 操作系统下的官方的蓝牙协议栈,已集成在 Linux 内核之中(2.4.6 版本以后)。BlueZ 对蓝牙协议的所有层都提供 UNIX 中 Berkeley Socket 接口^[3-7]。

蓝牙协议栈 BlueZ 分为 4 个部分:设备驱动程序、核心协议实现部分、蓝牙应用库及工具集。其中核心协议实现部分和设备驱动程序部分在内核代码(在 Linux 内核中)中,在内核代码中,BlueZ 软件包主要实现了主机控制接口和套接字接口的全部功能,其中设备驱动程序实现了如 USB、UART、BCM 203xUSB 等硬件驱动。协议实现包括实现 L2CAP、RFCOMM、BNEP 等协议,它是蓝牙系统开发结构的核心,蓝牙协议栈主要负责和硬件打交道,处理蓝牙的数据包;处理服务浏览程序发来的服务发现和设备管理请求。

Bluez2libs 软件包主要提供函数库及应用程序接口,便于用户开发蓝牙应用程序。Bluez2utils 软件包包括蓝牙设备配置和应用的工具集,实现对蓝

牙设备的初始化和控制。其中包含有如下几个常用工具:hcitool 能够完成与蓝牙相关的多种功能,可用于搜索附近的蓝牙设备;sdptool 能够完成与蓝牙服务发现相关的多种功能,用于发现手机上的服务;hciconfig 能够对蓝牙 Dongle 的多种属性进行配置。

由于 Linux 内核部分已经支持蓝牙服务,因此只需要从网上下载 bluez2libs、bluez2utils 和 dbus 库,用 arm2linux2gcc 完成交叉编译,得到了 arm 版的 blueZ 库和 blueZ 的工具以及 dbus2daemon 工具。这是蓝牙适配器在 ARM Linux 的环境下正常工作所必需的。用户可以充分利用 Bluez2libs 软件包提供的蓝牙函数库,进行蓝牙应用程序的开发。

3 系统软件设计

软件部分实现蓝牙广播站系统的主要功能,即控制蓝牙适配器向附近的蓝牙手持设备推送广告,同时管理推送内容、实现各种策略、对推送内容进行预处理、给用户提提供管理接口等。其软件结构如图 2。



图 2 系统软件结构

BlueZ 协议栈:对蓝牙的操作采用 Bluez 协议栈。其中,大多数对 Dongle 的操作是通过 Bluez2libs 进行的,Bluez2libs 是 Linux 内核中的蓝牙协议栈 Bluez 的用户接口库,该库提供了对蓝牙 Dongle 各种功能的访问方式。

Dongle 工作模式配置: Dongle 工作模式配置模块完成蓝牙部分的初始化,并根据控制模块的指令切换 Dongle 的工作模式(搜索、push、pull)。软件初始化时,首先扫描系统中所连接的所有蓝牙 Dongle 并记录在一个表中;然后读取配置文件,获取发送

超时值和发送内容等信息;最后创建多个线程,运行响应模块的代码。

搜索发现模块:搜索发现模块负责搜索附件可见的蓝牙手持设备,获取其蓝牙地址,设备名字和设备类型等信息。搜索模块使用一个蓝牙 Dongle 进行搜索,搜索到的蓝牙手持设备被压入到一个 FIFO 队列的尾部。为了防止搜索模块搜索到自身的蓝牙 Dongle,在系统初始化的时候要做可见性设置。

Push 模块:Push 模块^[8,9]从蓝牙手持设备 FIFO 的头部取出一个蓝牙设备的描述,然后申请一个本地发送 Dongle 资源。如果 FIFO 队列空或者本地 Dongle 没有空闲,则进入等待状态,直到 FIFO 不空并且能够申请到空闲的本地发送 Dongle 为止,然后启动一个设备服务线程来服务这个蓝牙手持设备。设备服务线程首先搜索蓝牙手持设备的服务记录,找到 OPUSH 服务的 Channel Number,然后根据配置文件中的广告内容信息将文件依次发送给该手持设备。在发送完毕之后,释放所占用的本地发送 Dongle 资源,然后线程结束。

根据蓝牙规范,一个本地发送 Dongle 可以同时服务最多 7 个蓝牙手持设备,但是同时服务的蓝牙手持设备越多,则对每个手持设备的服务质量就会相应的降低,主要体现在分配给每个手持设备的带宽会降低。如果同时只给一个蓝牙手持设备服务,则手持设备用户的操作时间就会浪费掉一部分带宽。经过实验,发现将一个 Dongle 可以同时服务的设备设置为 3 的时候,可以较好的适应小文件的发送。因此,一个本地发送 Dongle 有 3 个发送槽,当系统中没有发送槽的时候,发送模块就必须暂停,直到有发送槽被释放出来。在程序中将发送槽的数量设计成可以调整,可方便地实现策略调整。在向一些手持蓝牙设备发送文件时,这些设备需要蓝牙广播站提供 PIN 码,这是通过在 hcid 程序中固化了一个‘0000’码实现的。当手持设备要求 PIN 码时,hcid 就会发送一个‘0000’码过去。OBEX Object Push 服务实现时,有几点值得注意:

(1) 汉字编码

OPUSH 规范规定,文件名编码必须采用 Unicode 编码,所以如果要支持中文文件名的话,必须在发送前将文件名编码成 Unicode,然后再发送。

(2) 打包发送

OPUSH 规范支持连接一次,发送多个对象的模式,我们称之为打包发送。这种模式下只需要连接一次,相对于每发一个文件都建立一次连接的做法,省去了连接建立和连接释放的耗费,所以具有相当快的发送速度,尤其对于小文件效果更好。

(3) 手机返回码

当手持设备接收到 OPUSH 连接请求时,会提示用户是否接受该文件。用户可以选择“接受”、“拒绝”或者用户没有看到提示的话,用户就会不予响应。其中“拒绝”可以通过 connect 操作的返回码 ECONNREFUSED 来检测,如要检测超时,就需要使用 nonblocking connect 操作。

控制模块:控制模块给其它程序提供一个控制蓝牙广播站软件运行的接口,目前通过 Unix Domain Socket 实现,蓝牙广播站软件专门启动一个线程监听这个套接字上的命令,主要支持的命令有:

- 重启 AP;
- 关机 AP;
- 暂停/恢复蓝牙广播站上的服务;
- 重启蓝牙广播站上的服务;
- 关闭蓝牙广播站上的服务;
- 查看蓝牙广播站的运行状态;
- 打开调试信息接口,从蓝牙广播站接收调试信息;
- 获取/设置蓝牙广播站的系统时间;
- 获取/设置蓝牙广播站的网络配置;
- 获取/设置蓝牙广播站的蓝牙友好名;
- 获取/设置蓝牙服务策略;
- 获取蓝牙搜索结果;
- 添加/删除蓝牙设备黑名单,蓝牙广播站将会忽略黑名单中的蓝牙设备;
- 命令蓝牙广播站向指定的蓝牙地址发送文件;

日志记录模块:日志记录模块负责将系统运行

过程中的事件记录到日志文件中去,日志文件采用追加的方式更新,日志实现了蓝牙广播站发送广告效果的记录,为发送广告统计提供了原始数据。蓝牙广播站支持下列事件:发现设备、发送文件到设备成功、发送文件到设备超时、发送文件到设备被拒绝、发送文件到设备出现连接错误等。日志文件中的每一行都记录了一个事件,其格式为:时间 事件类型 蓝牙地址参数。各个字段的意义如表 1:

表 1 日志字段含义	
字段	含义
时间	记录该事件发生的时刻
事件类型	f(found) 表示搜索到蓝牙设备;n(name) 表示获得蓝牙设备的友好名;s(send) 表示推送文件的结果
蓝牙地址	即相关日志记录的服务对象
参数	对于获取名字记录,记录蓝牙手机的友好名;对于推送记录,记录推送了哪个文件,结果如何

数据更新模块:接受管理程序接口的数据(程序)更新指令,并根据指令的内容作数据的更新,包括蓝牙广播站程序的自动升级。

FTP 服务模块:启动 FTP 服务,作为服务信息内容更新的方法。服务信息包括文字、图片、视频、电子地图、文本文档,名片和游戏等等多种多样的信息形式以及它们的发送顺序。

4 系统工作流程

4.1 搜索蓝牙设备

蓝牙广播站系统中安装有 Power Class 1 的蓝牙模块,在打开搜索功能时,能够搜索到附近 100 m 之内开启了蓝牙的设备,并且能够获取这些设备的相关信息。

蓝牙广播站系统搜索到的信息包括:

- 蓝牙设备的蓝牙地址,蓝牙地址唯一地标识了一个蓝牙设备,得到蓝牙地址之后,才可以和这个蓝牙设备进行进一步的信息交互;

- 设备类型(Class of Device),设备类型中编码了蓝牙设备的服务类型和设备的类别属性,可以据此判断蓝牙设备的类型并进行针对性的服务;

- 蓝牙友好名,蓝牙友好名是由蓝牙设备用户设置的友好名字。

4.2 推送广告

蓝牙广播站搜索到附近蓝牙设备的蓝牙地址之后,蓝牙广播站系统就会向该设备推送广告。推送广告使用的是蓝牙协议中的 Object Push Profile,推送的过程如下:

(1) 蓝牙广播站根据设备的蓝牙地址,建立一个到目标设备的蓝牙连接;

(2) 蓝牙广播站通过建立好的链路向目标设备发送一个服务发现请求,获取 OBEX Channel;

(3) 蓝牙广播站会建立一个到目标设备的 RF-COMM 连接,对于一部分手机——所有的 Symbian 系统手机,大部分的 Moto 手机及其它手机类型——会在此时向手机用户提示是否接收文件推送请求,并等待用户响应。另外一部分手机在此不会提示用户,包括大部分的 Samsung, LG 手机,小部分的 Moto 手机,而是自动允许推送请求;

(4) 如果推送请求得到允许,蓝牙广播站会建立一个 OBEX 连接到目标设备;

(5) 蓝牙广播站会请求向手机发送一个对象,并给出该对象的名字、大小和类型,对于一部分手机——所有的 Symbian 系统手机,大部分的 Moto 手机及其它手机类型——会自动允许对象推送。另外一部分手机,包括大部分的 Samsung, LG 手机,小部分的 Moto 手机,在此会提示手机用户是否接收文件推送请求,并等待用户响应;

(6) 蓝牙广播站会按照 OBEX 协议向目标设备分块发送文件的内容,并等待目标设备的响应,这个交互过程一直持续到文件传送完毕。这时手机会提示用户文件接收完毕;

(7) 蓝牙广播站会自动将文件列表中的下一个文件推送给目标设备,直到所有文件都已经推送给目标设备;

(8) 如果手机用户拒绝了推送请求,则蓝牙广播站会尝试将文件列表中的下一个文件推送给目标设备,如果手机用户连续拒绝多次(可以通过管理程序配置),则不再尝试推送文件给该目标设备。

如果推送过程中出现了蓝牙连接中断或其它的意外错误,则蓝牙广播站会在 20 秒钟之后再次尝试给该目标设备推送文件。如果出错次数超过服务策略中配置的最大出错尝试次数,则蓝牙广播站不再尝试给该目标设备推送文件;

(9) 所有文件都推送完毕之后,蓝牙广播站会断开与目标设备的蓝牙连接。

蓝牙广播站向目标蓝牙设备推送文件的流程图如图 3 所示。

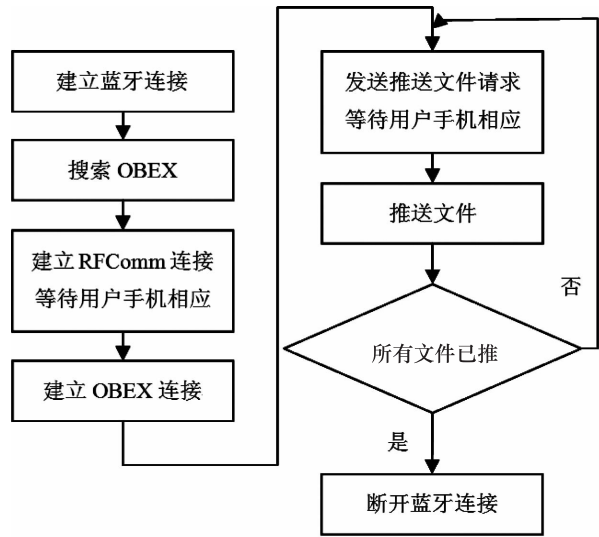


图 3 蓝牙广播站向蓝牙设备推送文件的流程

4.3 接收附近蓝牙设备推送过来的文件

通过管理程序可以配置蓝牙广播站监听其它蓝牙设备的文件推送请求,并接收从其它蓝牙设备推送过来的文件。蓝牙广播站的这一功能主要用于和手机用户的交互,手机用户可以将一些文件推送到蓝牙广播站上,然后蓝牙广播站可以对这些文件进行一些处理,再推送回手机,或者可以用这些文件安排抽奖活动。蓝牙广播站接收其它蓝牙设备推送过来的文件利用的是蓝牙 OBEX 协议,其过程如下:

· 蓝牙广播站启动时,如果发现配置中允许监听其它蓝牙设备的文件推送请求,则启动 SDP 服务程序,并注册一个 Object Push 服务,该服务的 RFCOMM Channel 是 10。然后,蓝牙广播站启动建立一个蓝牙监听端口,在 RFCOMM Channel 10 上监听

连接请求;

- 当监听到其它蓝牙设备的文件推送请求时,蓝牙广播站会发出一个允许推送的回应;
- 发出允许推送回应后,蓝牙广播站开始接收文件,并存储到本地存储设备上;
- 接收完毕之后,断开蓝牙连接。

蓝牙广播站接收其它蓝牙设备的文件推送的流程图如图 4 所示。



图 4 蓝牙广播站接收其他蓝牙设备推送文件的流程

4.4 手机终端适配

终端适配是指根据手机终端的参数来从几个文件中选择最合适的一个进行推送。终端适配主要用于程序文件的推送,因为不同的手机软件系统平台所支持的程序格式不同,所以必须根据手机软件系统平台来选择发送相应格式的程序文件给手机。蓝牙广播站系统的终端适配是基于手机能力或者说手机参数的。系统中内建了一个手机能力描述表,该表对每一种手机类型都记录了所支持的程序格式、所支持的音视频格式、屏幕尺寸等信息。手机能力描述表通过手机蓝牙地址的前三个字节进行索引,当搜索到一个蓝牙手机时,就可以通过其蓝牙地址得到它的能力描述。另一方面,蓝牙广播站系统的文件列表中可以给一个文件附加上一个手机能力需求,只有当手机的能力与文件的需求相匹配的时候,才将这个文件推送给手机。

5 结语

本文设计实现了一种基于蓝牙技术的嵌入式广告发送系统。本系统可以将文字、图片、视频、电子地图、文本文档,名片和游戏等等多种多样的广

告信息通过蓝牙形式发送到用户的手机上,同时对发送的过程进行记录,以便统计广告发送效果,实现了蓝牙信息服务的商业价值。随着蓝牙广告媒体的成熟和短距离无线传输技术的不断发展,文中基于蓝牙技术的广告系统可以和互联网技术相结合,建立统一的短距无线通信服务平台,实现蓝牙广告联播。

参 考 文 献

1 金 纯,许光辰,孙 睿. 蓝牙技术. 北京: 电子工业出版社, 2002

2 马建仓,罗亚军,赵玉亭. 蓝牙核心技术及应用. 北京:科学出版社,2003

3 Yagbmou K. 构建嵌入式 LINUX 系统. OpReilly Taiwan 公司译. 北京: 中国电力出版社,2004

4 刘峥嵘. 嵌入式 Linux 应用开发详解. 北京: 机械工业出版社,2004

5 彭述清,施心陵,苗爱敏. 嵌入式蓝牙协议的数据传输实现. 通信技术, 2009;42 (9):32—34

6 欧阳鑫,于红岩,吕 杨. 蓝牙协议栈 BlueZ 的移植与开发. 微计算机信息, 2007;23(5):221—222

7 卜奎昊,陈伏兵,宋 杰. 基于 BlueZ 协议栈的嵌入式系统无线通信实现. 微计算机信息, 2009; 25 (20):172—173

8 李 明,陈 苏,张 雨. 计算机网络中的 Push 技术. 计算机工程, 2000;(6):29—31

9 丁林花. 基于蓝牙技术的主动信息服务. 电信快报,2009;(8): 22—25

Design and Realization of a Bluetooth—Based
Advertisement Transmission System

NI Xiao-jun, ZHENG Long,ZHANG Zhi-cheng, AO Yong-hong

(Information Center, National University of Defense Technology, Changsha 410073, P. R. China)

[Abstract] An embedded Bluetooth-based advertising delivery system design and implementation are introduced. System hardware, embedded CPU S3C2440 is the core of embedded Linux as the operating system, with USB Bluetooth Adapter (Dongle), build an embedded Bluetooth ad delivery system. Cross compile BlueZ libraries and tools to build Bluetooth under ARM Linux operating environment. Bluetooth adapter on the programming, implementation of the various media files to send *via* Bluetooth Adapter Bluetooth phone function.

[Key words] ARM Linux Bluetooth Bluez advertising