

无线传感器网络 M2M 网关的设计与实现

本文主要讨论了无线传感器网络与 M2M 平台对接的关键性技术 M2M 网关的设计与实现。无线传感器网络 (Wireless sensor network, WSN) 具有独立自组网和超低功耗等优点,但是由于其短距离通信的特征,使其应用范围有所限制。将 WSN 与 M2M 平台进行对接,是无线传感器网络发展的必然趋势;而 M2M 网关则是实现对接的关键性技术。无线传感器网络 M2M 网关,采用嵌入式 ARM9 处理器 s3C2440 作为核心,以 CC2530 作为汇聚节点采集 WSN 数据,利用 GPRS (General packet radio service) 模块 EM310 为网络数据的出口,对接 M2M 平台服务器。该 M2M 网关可将 WSN 与 M2M 平台相连接,具有很好的通用性。

引言

无线传感器网络 (Wireless sensor network, WSN) 是指由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织网络系统,其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中被感知对象的信息,并发送给观察者。

M2M 是机器对机器通信 (Machine to machine) 或者人对机器通信 (Man to machine) 的简称。主要是指通过“移动通信网络”传递信息从而实现机器对机器或人对机器的数据交换,也就是通过移动通信网络实现机器之间的互联互通。移动通信网络由于其网络的特殊性,终端侧不需要人工布线。可以提供移动性支撑,有利于节约成本,并可以满足在危险环境下的通信需求,使得以移动通信网络作为承载的 M2M 服务得到了业界的广泛关注引。

本文旨在实现一种无线传感器网络中 M2M 网关,来对接 WSN 网络和 M2M 平台,真正实现远距离的机器到机器的通信。

1 M2M 网关的功能及设计方案

1.1 M2M 网关在系统中的作用

在无线传感器网络实际的应用中,往往需要将 WSN 网络采集到的信息进行远距离传输,并且将这些信息传给远方的服务器进行数据处理,处理完的数据则再传送给需要这些数据的机器或者人。

而移动通信网络则具有远距离传输的性能,移动运营商都有一套完整的 M2M 平台来支持 M2M 服务,而这些都是为 WSN 的扩展提供了非常好的平台,在这其中进行 WSN 与 M2M 协议平台对接的数据网关就显得尤其重要。

如图 1 所示,无线传感器网络中的各个节点将所需要的数据进行采集,并通过自组网的方式发送到网关,网关将数据进行网络协议转换,将数据发送至 M2M 平台, M2M 接收到数据后进行数据处理,再将处理完的数据发送至监控服务端。

用户客户端和机器控制端，从而实现了无线传感器网络中的数据远程的采集。处理并进行了终端控制，实现了 WSN 真正意义上的远程机器到机器的通信。



图 1 基于 WSN 的 M2M 系统

1.2 M2M 网关设计方案

M2M 网关是整个无线传感器网络和 M2M 平台对接的关键部分，M2M 网关主要以收集数据并且上传至服务器为主导，自主地完成数据采集到上传服务器的整个过程。数据采集主要通过下行接口接入，上传数据到服务器则依靠上行接口传输。

由于需要将底层 WSN 数据再通过上层接口与 M2M 平台协议对接，所以需要在传输层上对不同的网络协议进行转换，因此对网关主控制器的运算性能及数据传输性能有较高的要求。经过对比分析和成本核算，本文采用具有较强数据处理能力和较丰富外围接口的 ARM9 芯片 S3C2440 作为主控制器来完成 M2M 网关的硬件系统的搭建。

根据 M2M 网关的不同应用，本网关采用模块化设计方案。如图 2 所示，网关可分为硬件层、系统软件层、应用软件层三大组成部分。各个层又都可分为上行与下行接口和主控部分。硬件部分主要描述了 WSN 网络汇聚节点和主控制器的硬件连接以及主控制器和 GPRS (General packet radioservice) 模块或以太网控制器的连接；系统软件层主要描述嵌入式“linux”系统的移植以及 GPRS 协议的移植，这为应用层实现两个网络之间协议转换做好了准备；应用软件层是指在嵌入式 Linux 上开发相应的应用程序，这里主要实现 WMMP 协议，从而实现两个网络之间协议转换，完成对数据的高效的无误转换。



图 2 M2M 网关系统总体结构

2 网关的硬件设计

M2M 网关是数据转换核心，整个硬件电路包括主控制器及存储单元。电源管理模块及复位电路。WSN 汇聚节点和 GPRS 模块组成，其硬件结构框图如图 3 所示。

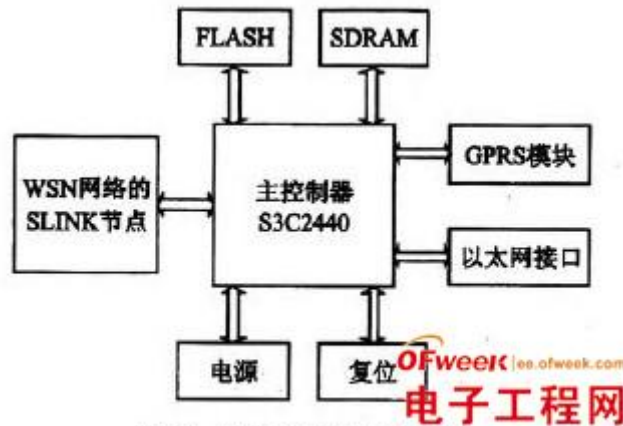


图 3 M2M 网关硬件结构

2.1 M2M 网关主控制器及电源管理模块

2.1.1 主控制器

M2M 平台硬件电路的主控制器采用三星公司推出的 32 位 RISC 微处理器 S3C2440, S3C2440 标准工作频率 400 MHz, 最高工作频率 533 MHz, 具有低功耗。高性能等优点。该处理器集成了 LCD 控制器。USBHost, NAND 控制器。BUS 控制器。中断控制。功率控制。UART, WatchDog, SPI, ADC 等丰富的外围资源。存储器方面扩展 64MB 的 sDRAM 作为 RAM, 采用 1 片 HY57V561620 芯片, 地址空间安排在 Bank6; 扩展 64MB 的 NandFlash 作为外部存储器, 采用 1 片 K9F1208UoB 芯片。Ethernet 接口采用 DM9000 芯片与 S3C2440 相连接, 能够提供处理器以有线的方式与以太网相连接。

2.1.2 电源管理模块

本网关系统中所采用的 ARM9 处理器及其外设均采用 3.3 V 供电, 最大电流达到 800 mA, WSN 汇聚节点所采用的 CC2530 芯片也采用 3.3 V 供电, 最大电流 150 mA. GPRS 部分所采用的 EM310 模块供电电压范围在 3.4~4.7 V 之间, 推荐电压为 3.8 V, 峰值电流可达 1.5 A. 经过对比, 采用了 TI 公司的 DC-DC 电源芯片 TPS5420, TPS5420 是输入电压 5.5~36 V, 2 A, 500 kHz 的降压转换器, 最高效率可达到 95%, 其内部电路产生精确的室温下为 1.221 V 的参考电压, VSENSE 用来接调整管反馈电压, 可通过配置外部电阻设置 VSENSE 引脚与输出电压的分压关系来确定输出电压的大小。这样通过两路 TPS5420 芯片, 可以分别得到 3.3 V 和 3.8 V 的两路输出电压来供给各个芯片和模块工作。

2.2 WSN 汇聚节点

WSN 系统节点采用 TI 的无线射频 SOC 芯片 CC2530, CC2530 是 TI 公司推出的用于 IEEE802.15.4 应用的片上系统 (SOC) 解决方案。它能够以非常低的总材料成本建立强大的网络节点。

CC2530 集成了 2.4GHz 的 RF 收发器。增强工业当曜的 8051 MCU. 在系统可编程的 256 KFlash, 8 KB RAM 和许多其他强大的功能。实际测得 CC2530 点对点距离可达到 200~400 m.

2.3 GPRS 模块

M2M 网关采用华为公司 EM310 模块作为采集数据的远程传输, EM310 模块是一款 GSM/GPRS 无线模块。工作频段 EGSM900/GSM1800 双频, 模块内嵌 TCP/IP 协议栈, 为系统与 M2M 平台对接提供了基础网络协议。EM310 模块与 S3C2440 比较简单, 仅仅通过一个标准串口就可将其连接起来。

3 M2M 网关的软件设计

由于 M2M 是基于 ARM9 这样的嵌入式处理器进行的开发, 所以首先需要往硬件平台移植 Linux 嵌入式操作系统, 然后才能进行相应 M2M 协议转换程序的开发。

3.1 网关的 Lin 帛系统移植

网关软件的基础是在 ARM9 平台上移植 Linux 操作系统, 移植 Linux 操作系统首先必须先建立移植所必须的交叉开发环境。其次需要编写和修改 Linux 内核, 在通用计算机上修改和编写新的内核代码, 编译出新的 Linux 内核。最后在编译出新的内核后就需要调试新的 Linux 内核, 将编译后生成的新 Linux 内核加载到目标硬件上进行运行和调试, 这个调试的过程就是交叉调试。

经过多次移植测试后, 在基于 S3C2440 处理器为核心处理器的 ARM9 平台上成功移植了 Linux 操作系统, 并且完成了相应外设驱动程序的开发和调试。

3.2 GPRS 模块 AT 指令

GPRS 模块通过串口接收 AT 指令和发送返回结果或数据, AT 指令具有一定的格式, 返回结果也遵循一定的格式。

3.2.1 AT 指令格式

AT+<CMD>[OP] [PARM]<CR>或 AT%<CMD>[OP] [PARM]<CR>

其中每条指令均以 AT 开头, 后面连接符号 “+”, “%”. <CMD>为具体指令, 一般由 3 到 7 个字母构成。[OP]为指令操作符, 一般跟在<CMD>后面, 一般常用的有 “.”, “=”, “=” 这几种, 当[OP]为 “=” 时[PARM]为该条指令的参数序列, [PARM]中可以包含多个参数用英文中的逗号分隔<CR>表示一个特殊的字符, 在 C 语言及 C++中可以表示为 “\r”, ASCII 码十六进制表示为 0x0D, 当模块收到该字符时将输入的 AT 指令开始执行并返回结果, 因此每条 AT 指令末尾都会包含<CR>字符。

3.2.2 GPRS 模块实现网络通讯

使用 GPRS 模块进行网络通讯包括以下步骤:

(1) 网络初始化; (2) 初始化协议栈; (3) 建立网络连接 ‘ (4) 收发数据; (5) 关闭连接; (6) 关闭协议栈。

3.3 M2M 网关平台 WMMP 协议设计 3.3.1 协议栈结构

协议建立在 TCP/IP 或 UDP/IP 协议。SMS 和 USSD 之上, 其协议栈结构如图 4 所示。

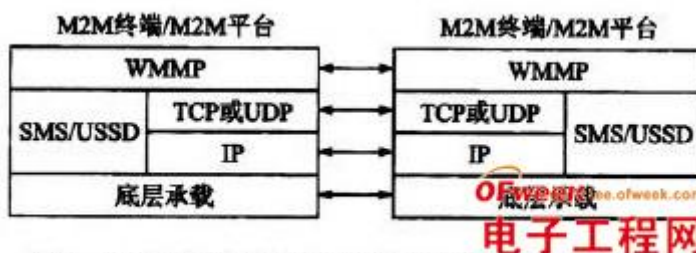


图 4 M2M 终端与 M2M 平台之间的通信协议栈结构

在网络质量比较差的情况下, 建议优先采用 UDP (User datagram protocol) 协议。如在采用 GPRS 作为接入方式时, 则建议采用 UDP 协议作为传输层协议, 这是因为 GPRS 的网络带宽相对较窄, 延迟较大, 所以不适于采用 TCP 协议进行通信。采用 UDP 方式通信, 可以提高传输效率, 减少数据流量, 节省网络带宽资源。UDP 是无连接的。面向消息的数据传输协议, 与 TCP 协议相比较, 它有两个致命的缺点: (1) 没有确认机制, 数据包容易丢失; (2) 数据包无序。因而, M2M 数据通信过程通过在 UDP 的上层应用层的协议实现类似 TCP 的包确认和重传机制, 从而提高通信效率及可靠性。根据实际经验发现, 采用 UDP 方式传输, 丢包率能控制在 1% 以下, 能够满足 M2M 应用的需要。

3.3.2 协议实现

在 Windows 平台的 VS 下搭建工程来进行程序的编写，图 5 是 M2M 网关 WMMP 协议的工程文件目录。



图 5 M2M 网关 WMMP 协议的工程文件目录

(1) Application: 该文件夹下面的代码主要是应用层的代码，是实现 M2M 的主逻辑。

(2) ATP: 这个文件夹下面主要实现了应用层协议的解析。由汇聚节点传递上来的原始数据要经过协议验证，只有验证合法的传感器数据才会通过 WMMP 协议发送到远程服务器。

(3) Config: 这个文件下面的代码都是头文件，定义了整个项目中的所有宏和常量。

(4) Db: 这个文件夹的代码实现了 tlv 数据格式的管理。在通过 wMMP 协议传输的时候，内容主题都是通过 tlv 格式编码的，t 代表数据的类型 type, l 代表数据的长度 length, v 代表数据的内容 value。

(5) Memmgr: 这个文件夹下的内容实现了内存管理。在整个项目的实现过程中，所有的内存管理都是在这个文件夹下面实现的。

(6) Network: 这个文件夹下面的代码实现了网络的功能。主要实现了以太网的 Socket 连接和 2 个 GSM 模块的 GPRS 连接。短信的收发。

(7) OSA: 这个文件夹的代码主要模拟一个操作系统层。主要实现了模拟定时器。队列。Flash 管理。调试。文件管理。

(8) Porting:这个文件夹的代码实现了串口的功能。主要实现了 Windows 平台和 Linux 平台串口的打开。关闭。读取。写入的功能。

(9) Ultis:这个文件夹的代码主要实现了一些普通算法。主要包括 md5, CRC 等一些基本算法。

(10) WMMP:这个文件夹的代码主要实现了 WMMP 的客户端功能。

4 系统调试与实现

M2M 网关硬件采用核心板和底板的结构,如图 6 所示 1 为核心板,核心板采用 6 层 PCB 设计主要包括 ARM9 芯片及 SDRAM 和 Flash 芯片;2 为汇聚节点,主要采集 WSN 网络所采集到的数据;3 为 GPRS 模块,主要通过 GPRS 方式与 M2M 平台相连接;4 为电源部分,采用双路 DC-DC 供电,确保系统电源的稳定性;5 为 ARM9 平台扩展外设包括调试串口。以太网口。USBHost 等。



图 6 M2M 网关实物照片

在 M2M 网关通过 GPRS 模块与 M2M 平台对接后, M2M 网关板上的汇聚节点就将收到的数据传送给主控制器,由主控制器将数据融合并打包,然后通过 GPRS 模块发送至 M2M 平台服务器。整个网关注册。登陆。发送数据包的过程都可以通过调试串口来观察,如图 7 所示。

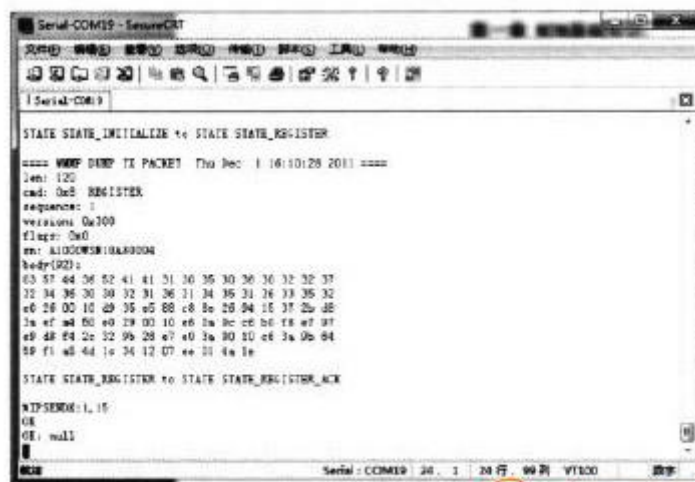


图 7 M2M 网关打包发送数据

当 M2M 网关将数据发送至 M2M 平台服务器后，即可以对数据进行调用，而本地服务器则通过 WAMP 协议从 M2M 平台服务器调用数据，并存入本地服务器。

本网关已在上海某科技园环境监控项目中得到实施，其中无线传感器网络节点将二氧化碳含量、氧气浓度及温湿度实时监测数据发送至 M2M 网关；M2M 网关依据 M2M 协议格式将数据发送至 M2M 平台。空气质量监测系统只要通过调用 M2M 平台相关数据，即可显示出一定时间段内当地相关空气质量数据，数据结果准确，使用简便，如图 8 所示。

节点	时间	CO2	O2	TH
2201	08-27 06:13:31	356ppm	20.8%	25.1度 95%
2202	08-27 06:21:49	352ppm	21.1%	25.1度 95%
2203	08-27 06:21:49	350ppm	21.4%	25.1度 94%
2204	08-27 06:21:48	352ppm	20.8%	25.4度 93%
2205	08-27 06:18:47	354ppm	21.1%	25.4度 94%

图 8 空气质量监测数据

在实际的环境监控系统中，有了无线传感器网络与 M2M 平台相结合的环境监测系统与传统的人工监测相比提高了监测的时效性和准确性。以往的环境监测只是在一个很大的区域内安装一到两个环境监测站，环境监测站虽然采用的仪器精密且采集的数据准确，但是监测站所反映的不过是一个点的数据，不能反映一个区域相关数据的地理层次和相关变化方向；而如果环境监测站是单点工作，如果出现设备异常将不能实际反映这一地区的相关数据。而从 WSN 与 M2M 平台相结合的环境监测系统实际运行的结果表明系统弥补了以往环境监测系统的诸多不足，具有高效性和稳定性等特点。M2M 网关是实现整个环境监测系统的关键部件之一，这也反映了 M2M 网关具有高效性和稳定性的特点。

5 结束语

本文设计并实现的无线传感器网络 M2M 网关，采用嵌入式 ARM9 处理器 S3C2440 为核心，以 CC2530 作为汇聚节点采集 WSN 数据，利用 GPRS 模块 EM310 为网络数据的出口，对接 M2M 平台服务器。该 M2M 网关可将 WSN 网络与 M2M 平台相连接，使 WSN 网络的数据得到更充分的利用。因此本文所设计的 M2M 网关适用于环境监控。森林防火。智能交通等类型的物联网应用。