1 介绍

本软件使用 uC/OS-III 作为嵌入式操作系统，lwip 作为网络协议栈，STM32F4xx 作为微处理器，移植了联发科的 USB 无线网卡驱动 DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022，并针对嵌入式系统做了优化。为了减少移植过程的难度，我简单地实现了无线驱动所调用的 Linux 内核接口*参见:USB_Host_Linux_Convert*。本软件提供了使用 iPerf 进行网络性能测试的演示例子。

本软件特性：

- 支持热插拔
- 支持 WEP、WPAPSK-AES、WPAPSK-TKIP、WPA2PSK-AES、WPA2PSK-TKIP 等认证和加密方式
- 支持 802.11b/g/n
- 使用 iwpriv 工具对无线网卡进行配置
- 测试过的 USB 无线网卡型号 RT3070

第三方软件代码：

- uC/OS-III V3.03.01
  http://micrium.com/downloadcenter/download-results/?searchterm=mp-uc-os-iii-1&supported=true
- lwip-1.4.1
  http://download.savannah.gnu.org/releases/lwip/
- DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022
  http://www.mediatek.com/en/downloads1/downloads/rt8070-rt3070-rt3370-rt3572-rt5370-rt5372-rt5572-usb-usb/
- iPerf V2.0.5
  https://iperf.fr/iperf-download.php

Issue Date:

(last modified:,Sep 11, 2015)

Author: Kaiqin Lin

Email:linkaiqin@sina.com

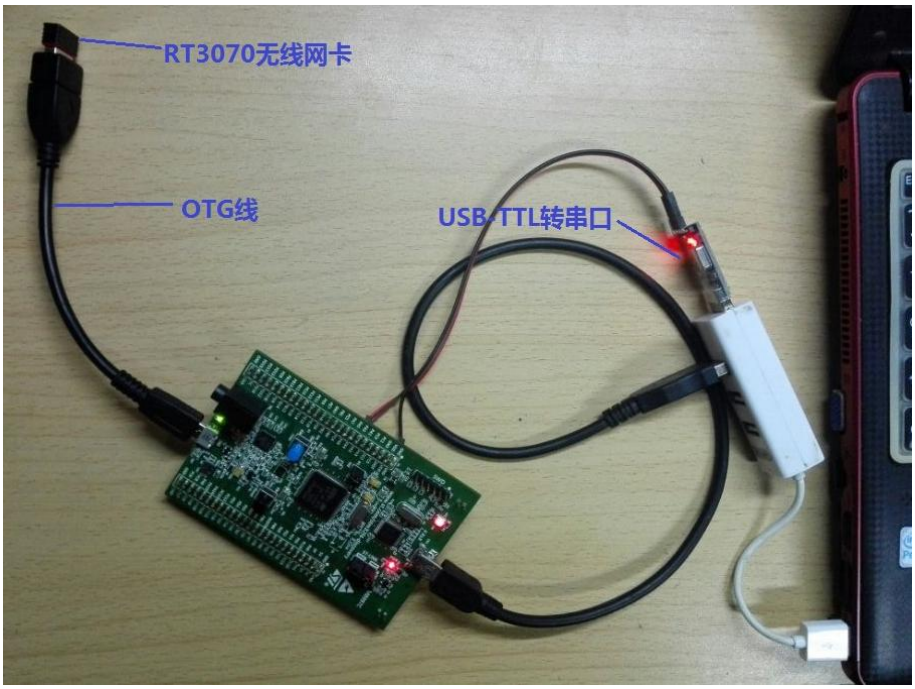
目录

2 硬件连接

演示例子所需要的硬件有

- STM32F4-Discovery Board
- OTG 线
- RT3070 无线网卡
- 无线路由器
- USB-TTL 转串口

图 1 STM32F4-Discovery 硬件连接



步骤

1. 连接 USB-TTL 转串口到 STM32F4-Discovery 板子上的 USART2(PA2 和 PA3)
2. 用一根 OTG 线连接 STM32F4-Discovery 板子到 RT3070 无线网卡。
3. 用一根 USB 线（type A to mini-B）连接 STM32F4-Discovery 板子到 PC。

3 演示例子

3.1 准备

演示例子之前请先安装好

- Keil MDK V4.x
- STLINK V2
- SecureCRT（配置成 115200 波特率 8 位无校验）
- iPerf for Windows

3.2 配置

演示例子默认的无线路由器为

SSID:mytest

密码: 12345678

认证方式：WPA2PSK

加密方式: AES

如果你的无线路由器不是以上配置话，请按以下步骤修改默认配置*具体参见：无线网络配置*

1. 编辑 EvalBoards\ST\STM32F4-Discovery\uCOS-III\RT2870STA.dat
2. 修改键 AuthMode，根据你的无线路由器认证类型，填入以下值(避免空格)

   OPEN　　开放系统

   SHARED　　共享密钥系统

   WPAPSK　　基础型 WPA 预共享密钥

   WPA2PSK　　基础型 WPA2 预共享密钥
3. 修改键 EncrypType，根据你的无线路由器加密类型，填入以下值(避免空格)

   NONE　　当 AuthMode=OPEN 时

   WEP　　当 AuthMode=SHARED 时

   TKIP　　当 AuthMode=WPAPSK 或者 WPA2PSK 时

   AES　　当 AuthMode=WPAPSK 或者 WPA2PSK 时
4. 修改键 WPAPSK 或 Key1Str，这里填入你的无线路由器密码。

   当 AuthMode=SHARED 时，在 Key1Str 处设置密码。

   当 AuthMode=WPAPSK 或 WPA2PSK 时，在 WPAPSK 处设置密码。
5. 修改键 SSID，这里填入你的无线路由器 SSID。
6. 运行 EvalBoards\ST\STM32F4-Discovery\uCOS-III\ RT2870STA_to_c.exe，

它会将 RT2870STA.dat 转换为 CRT2870STA.c，编译时会包含这个文件。

7. 运 行 EvalBoards\ST\STM32F4-Discovery\uCOS-III\KeilMDK\uCOS-III.uvproj，编译并下载程序。
8. 有 关 RT2870STA.dat 的 更 多 配 置 和 细 节 ， 见 Ralink-WIFI\DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022_highly_optimize\README_STA_usb

3.3 iPerf 网络性能测试

程序下载完成后，软件将尝试连接 RT2870STA.dat 中配置的 SSID。一旦连接成功后，会启动 DHCP 获取 IP 地址，在 SecureCRT 中会输出以下内容。现假设 STM32F4xx 获取到的 IP 为 192.168.1.100，PC 获取到的 IP 为 192.168.1.101。

```
wireless_send_event[35842] (RT2860) BSS(ra0) Scanning
wireless_send_event[35842] (RT2860) BSS(ra0) scan completed
wireless_send_event[35842] (RT2860) BSS(ra0) had associated successfully
wireless_send_event[35842] (RT2860) STA(f4:ee:14:54:4d:2e) connects with our
wireless client
DHCP IP:192.168.1.100
DHCP GW:192.168.1.1
DHCP MASK:255.255.255.0
```

测试 iPerf TCP 客户端

现以测试时间为 10 秒，STM32F4xx 每 1 秒钟报告一次结果为例子。

Windows 下，运行 cmd.exe，进入到 iperf-2.0.5-cygwin/目录中，输入：

```
iperf.exe -s
```

STM32F4xx 下，通过 SecureCRT 命令行输入：

```
>iperf -c 192.168.1.101 -t 10 -i 1
------------------------------------------------------------
Client connecting to 192.168.1.101, TCP port 5001
TCP window size: 2.85 KByte (default)
------------------------------------------------------------
[  0]  0.0- 1.0 sec   324 KBytes  2.65 Mbits/sec
[  0]  1.0- 2.0 sec   340 KBytes  2.79 Mbits/sec
[  0]  2.0- 3.0 sec   364 KBytes  2.98 Mbits/sec
[  0]  3.0- 4.0 sec   366 KBytes  3.00 Mbits/sec
[  0]  4.0- 5.0 sec   376 KBytes  3.08 Mbits/sec
[  0]  5.0- 6.0 sec   372 KBytes  3.05 Mbits/sec
[  0]  6.0- 7.0 sec   366 KBytes  3.00 Mbits/sec
[  0]  7.0- 8.0 sec   372 KBytes  3.05 Mbits/sec
[  0]  8.0- 9.0 sec   376 KBytes  3.08 Mbits/sec
[  0]  9.0-10.0 sec   372 KBytes  3.05 Mbits/sec
[  0]  0.0-10.0 sec  3.54 MBytes  2.97 Mbits/sec
```

测试 iPerf TCP 服务器

现以测试时间为 15 秒，STM32F4xx 每 1 秒钟报告一次结果为例子。

STM32F4xx 下，通过 SecureCRT 命令行输入：

```
>iperf -s -i 1
Spawning a listener.
------------------------------------------------------------
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 2.85 KByte (default)
------------------------------------------------------------
```

Windows 下，运行 cmd.exe，进入到 iperf-2.0.5-cygwin/目录中，输入：

```
iperf.exe -c 192.168.1.100 -t 15
```

STM32F4xx 输出结果:

```
Spawning a server.
[  1] local 192.168.1.100 port 5001 connected with 192.168.1.101 port 35670
[  1]  0.0- 1.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1]  1.0- 2.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1]  2.0- 3.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1]  3.0- 4.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1]  4.0- 5.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1]  5.0- 6.0 sec   238 KBytes  1.95 Mbits/sec
[  1]  6.0- 7.0 sec   235 KBytes  1.92 Mbits/sec
[  1]  7.0- 8.0 sec   236 KBytes  1.93 Mbits/sec
[  1]  8.0- 9.0 sec   245 KBytes  2.00 Mbits/sec
[  1]  9.0-10.0 sec   243 KBytes  1.99 Mbits/sec
[  1] 10.0-11.0 sec   233 KBytes  1.91 Mbits/sec
[  1] 11.0-12.0 sec   235 KBytes  1.92 Mbits/sec
[  1] 12.0-13.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1] 13.0-14.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1] 14.0-15.0 sec   256 KBytes  2.10 Mbits/sec
[  1]  0.0-15.5 sec  3.75 MBytes  2.04 Mbits/sec
```

4 无线网络配置

无线网络配置可以通过以下三种方式配置

- 通过修改 RT2870STA.dat 进行配置
- 通过 iwpriv 工具进行配置
- 通过调用函数 wireless_exec_cmd()进行配置

4.1 通过 RT2870STA.dat 配置

RT2870STA.dat 的配置是默认配置，默认将连接这个配置文件的 SSID。根据你无线路由器的配置修改这个文件。

1. 编辑 EvalBoards\ST\STM32F4-Discovery\uCOS-III\RT2870STA.dat
2. 修改键 AuthMode，根据你的无线路由器认证类型，填入以下值(避免空格)
   OPEN　　开放系统
   SHARED　　共享密钥系统
   WPAPSK　　基础型 WPA 预共享密钥
   WPA2PSK　　基础型 WPA2 预共享密钥
3. 修改键 EncrypType，根据你的无线路由器加密类型，填入以下值(避免空格)
   NONE　　当 AuthMode=OPEN 时
   WEP　　当 AuthMode=SHARED 时
   TKIP　　当 AuthMode=WPAPSK 或者 WPA2PSK 时
   AES　　当 AuthMode=WPAPSK 或者 WPA2PSK 时
4. 修改键 WPAPSK 或 Key1Str，这里填入你的无线路由器密码。
   当 AuthMode=SHARED 时，在 Key1Str 处设置密钥。
   当 AuthMode=WPAPSK 或 WPA2PSK 时，在 WPAPSK 处设置密钥。
5. 修改键 SSID，这里填入你的无线路由器 SSID。
6. 运行 EvalBoards\ST\STM32F4-Discovery\uCOS-III\RT2870STA_to_c.exe，它会将 RT2870STA.dat 转换为 RT2870STA.c，编译时会包含这个文件。
7. 运行 EvalBoards\ST\STM32F4-Discovery\uCOS-III\KeilMDK\uCOS-III.uvproj，编译并下载程序。
8. 有关 RT2870STA.dat 的更多配置细节，见 Ralink-WIFI\DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022_highly_optimize\README_STA_usb

4.2 通过 iwpriv 工具配置

通过串口使用 iwpriv 命令进行配置

使用方法: iwpriv set [参数]=[值]

主要的配置参数有：

参数	值		备注
SSID	信道名称		
AuthMode (认证模式)	OPEN	开放系统	
	SHARED	共享密钥系统	
	WPAPSK	基础型 WPA 预共享密钥	
	WPA2PSK	基础型 WPA2 预共享密钥	
EncrypType (加密类型)	NONE	无加密	当 AuthMode=OPEN 时
	WEP	有线等效加密	当 AuthMode=SHARED 时
	TKIP	临时密钥完整性协议	当 AuthMode=WPAPSK 或者 WPA2PSK 时
	AES	高级加密标准	当 AuthMode=WPAPSK 或者 WPA2PSK 时
WPAPSK	预共享密钥（8-63 个 ASCII 码）		当 AuthMode=WPAPSK 或者 WPA2PSK 时
KEY1	WEP 密钥(5 个 ASCII 码或 13 个 ASCII 码)		当 AuthMode=SHARED 时

下面的表格也许能更好帮助你理解上述关系：

参数	AuthMode	EncrypType	WPAPSK	KEY1
值	OPEN	NONE		
	SHARED	WEP		此参数设置密钥
	WPAPSK	TKIP	此参数设置密钥	
		AES	此参数设置密钥	
	WPA2PSK	TKIP	此参数设置密钥	
		AES	此参数设置密钥	

例子：

a) 假设路由器认证和加密类型分别是 OPEN/NONE，SSID 为 mytest

iwpriv set AuthMode=OPEN

iwpriv set EncrypType=NONE

iwpriv set SSID=mytest

b) 假设路由器认证和加密类型分别是 SHARED/WEP，SSID 为 mytest，WEP 密钥为 12345

iwpriv set AuthMode=SHARED

iwpriv set EncrypType=WEP

iwpriv set Key1=12345

iwpriv set SSID=mytest

c) 假设路由器认证和加密类型分别是 WPA2PSK/TKIP，SSID 为 mytest，预共享密钥为 12345678

iwpriv set AuthMode= WPA2PSK

iwpriv set EncrypType= TKIP

iwpriv set WPAPSK=12345678

iwpriv set SSID=mytest

d) 假设路由器认证和加密类型分别是 WPA2PSK/AES，SSID 为 mytest，预共享密钥为 12345678

iwpriv set AuthMode= WPA2PSK

iwpriv set EncrypType= AES

iwpriv set WPAPSK=12345678

iwpriv set SSID=mytest

e) 假设路由器认证和加密类型分别是 WPAPSK/AES，SSID 为 mytest，预共享密钥为 12345678

iwpriv set AuthMode= WPAPSK

iwpriv set EncrypType= AES

iwpriv set WPAPSK=12345678

iwpriv set SSID=mytest

有关该驱动 iwpriv 工具的更多使用方法，见 Ralink-WIFI\DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022_highly_optimize\iwpriv_usage.txt

4.3 通过函数 wireless_exec_cmd()配置

头文件：wlan.h

函数原型：int wireless_exec_cmd(char *cmd);

wireless_exec_cmd()只是简单传入 iwpriv 的命令行，它的使用方法和 4.2 节一样。

例子：

a) 假设路由器认证和加密类型分别是 WPA2PSK/AES，SSID 为 mytest，预共享密钥为 12345678

```
wireless_exec_cmd("iwpriv set AuthMode=WPA2PSK");
wireless_exec_cmd("iwpriv set EncrypType=AES");
wireless_exec_cmd("iwpriv set SSID=mytest");
wireless_exec_cmd("iwpriv set WPAPSK=12345678");
```

5 关于 iPerf 的使用限制

STM32F4xx iPerf 是移植的 Linux 下的 iPerf，目前它有以下限制：

- 目前 STM32F4xx iPerf 只有单一线程。
- 当 STM32F4xx iPerf 运行在客户端模式时，如果不能连接上服务器，STM32F4xx iPerf 将会中止，除非复位。
- 许多 iPerf 的参数不能改变，例如 TCP window size 和 max segment size
- 当 STM32F4xx iPerf 处于服务器模式时，没有任何键会回到命令终端的模式，除非复位。
- 当 iPerf 运行在服务器模式时，如果想改变参数，只有复位。
- 当 STM32F4xx iPerf 运行在客户端模式时，-P 和-d 参数不可用，因为 STM32F4xx iPerf 只有单一线程。

6 关于 RAM 的使用

STM32F4xx 有 192KB 的 RAM，其中 128KB 在 0x20000000 区域，另外 64KB 在 0x10000000 区域。使用情况见表。

STM32F4xx 内存使用情况

内存地址	大小	已使用
0x20000000	128KB	73.8KB
0x10000000	64KB	59.1KB

有关内存的更详细使用情况见编译完成后的 EvalBoards\ST\STM32F4-Discovery\uCOS-III\KeilMDK\Lst\uCOS-III.map

6.1 关于堆的分配

STM32F4xx 有 0x20000000 和 0x10000000 两个内存区域，由于同时管理两个不连续内存的堆分配会比较麻烦，所以我将一些分配内存比较大的变量以全局变量的方式定义在 0x10000000 区域（大概占用了 59.1KB 的内存）。

无线驱动的内存分配使用的是 lwip 的内存分配函数，无线驱动和 lwip 共用一个堆，堆的大小为 26KB，定义在 0x20000000 区域。之所以共用，而不是为无线驱动单独定义堆用来分配内存，是因为无线驱动只是在初始化和销毁过程（USB 网卡的插和拔）会占用比较大的内存（大概 17KB），而在进行 TCP 或 UDP 数据传输时只占用了 7.2KB 左右的内存，因此和 lwip 共用堆进行内存分配是比较节省内存的。当然如果你想使用不同的堆进行分配，可以在 memory.h 中取消对 USE_LWIP_MALLOC 的宏定义，并在 Keil MDK 工程目录中将 lwip\mem.c 包含进来。

6.2 关于线程栈的分配

线程的栈占用了大部分内存，本软件总共创建了 12 个任务。使用情况见表。

线程栈使用情况

线程名	栈大小(Byte)	备注
RtmpCmdQTask	2048	无线驱动程序启动的任务
RtmpMlmeTask	2048	无线驱动程序启动的任务

RtmpTimerTask	2048	无线驱动程序启动的任务
USBH Probe Task	1024	USB 主机探寻任务,用于热插拔
USBH_Task	1024	USB 主机调度任务
Tasklet Action	1536	类型 Linux 下的 Tasklet 小任务
TCP/IP	2048	lwip 启动的任务
App Task Start	2048	第一个启动的应用程序任务，现用于处理 shell 命令
uC/OS-III Timer Task	512	uC/OS-III 内核定时任务
uC/OS-III Stat Task	512	uC/OS-III 内核统计任务
uC/OS-III Tick Task	512	uC/OS-III 内核滴答定时器任务
uC/OS-III Idle Task	512	uC/OS-III 内核空闲任务

7 DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022 的移植过程

7.1 获取编译参数-D 宏定义

1. 编辑 DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022\Makefile
2. 在 387 行增加如下内容：
   @echo $(WFLAGS) > define.txt
3. 在 Linux 下编译 DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022 源代码
4. 编译完成后得到 define.txt
5. 增加宏-DVENDOR_FEATURE2_SUPPORT，它会帮助你及时发现移植过程是否造成了内存泄露。
6. 增加宏-DMEMORY_OPTIMIZATION，这个宏会减少内存的使用。
7. 删除宏-DIQ_CAL_SUPPORT，调试时它总是输出些烦人的消息。

7.2 优化结构体大小

7.2.1 优化 RTMP_ADAPTER 结构体

RTMP_ADAPTER 结构体占用空间是最大的，但也是最重要的，驱动的大部分函数都会用到它。优化顺序如下：

1	Rtmp_def.h 中将 MAX_REORDERING_MPDU_NUM 由 256 改为 4	内存减少约 300 多 K
2	Oid.h 中将 MAX_NUMBER_OF_MAC 由 32 改为 2	内存减少约 60 多 K
3	Oid.h 中将 MAX_NUMBER_OF_ACL 由 64 改为 2	内存减少约 60 多 K
4	Rtmp_def.h 中将 HASH_TABLE_SIZE 由 256 改为 1	内存减少约为 1K
5	Rtmp_def.h 中将 MGMT_RING_SIZE 由 32 改为 1	内存减少约为 1K
6	Rtmp_def.h 中将 TX_RING_SIZE 由 8 改为 2	内存未减少
7	Rtmp_def.h 中将 PRIO_RING_SIZE 由 8 改为 2	内存未减少
8	Rtmp_def.h 中将 RX_RING_SIZE 由 8 改为 1	内存减少 360 多字节
9	Mlme.h 中将 MAX_LEN_OF_MLME_QUEUE 由 40 改为 20	内存减少 800 多字节

优化后 RTMP_ADAPTER 结构体占用内存为 33792 字节。

7.2.2 优化 HTTX_BUFFER 结构体

未优化前 HTTX_BUFFER 占用 122884 字节。

Rt_linux.h 中将 BULKAGGRE_SIZE 由 60 改为 7 后，内存占用 14340 字节

7.2.3 优化 RX_CONTEXT 结构体

未优化前 RX_CONTEXT->TransferBuffer 将分配 24K 字节的内存。

Rtmp_usb.h 中将 RXBULKAGGRE_SIZE 由 12 改为 2 后,只分配 4K 字节内存。

7.2.4 优化 MLME_QUEUE_ELEM 结构体

其它线程给 RtmpMlmeTask 线程发送的消息时，会将消息填充到 MLME_QUEUE_ELEM->Msg[MGMT_DMA_BUFFER_SIZE]成员中，它的大小是固定的，因此占用了大量内存。为了减少内存使用，需要将固定分配的内存改为动态分配（也就是用到时再分配内存）。

1. 将 MLME_QUEUE_ELEM->Msg[]改为指针 MLME_QUEUE_ELEM->Msg
2. 对源代码用到 MLME_QUEUE_ELEM->Msg 的地方做修改，动态分配内存。
3. 在 RtmpMlmeTask 线程中释放掉的 MLME_QUEUE_ELEM->Msg 所占用的内存。

我将该优化使用宏 MLMEQUEUE_ALLOC_INUSE 作为开关。你可以直接在工程中搜索宏 MLMEQUEUE_ALLOC_INUSE，以查找该优化修改了哪些源代码。

7.3 动态分配->全局分配

由于一些变量的结构体比较大，会分配很多内存空间，我将这些变量以全局变量的方式定义在 0x10000000 区域。

1. rt_linux.c 中将 AdapterBlockAllocateMemory()函数所分配的结构体 RTMP_ADAPTER 改为全局的方式定义。
2. rtmp_init.c 中将 RTMPAllocAdapterBlock()函数所分配的 Beacon 缓冲区 RTMP_ADAPTER->pBeaconBuf 改为全局的方式定义。
3. rtmp_init.c 中将 RtmpRaDevCtrlInit() 函数所分配的缓冲区 RTMP_ADAPTER->UsbVendorReqBuf 改为全局的方式定义。
4. mlme.c 中将 NICInitTransmit()函数所分配的发送 802.11 数据帧缓冲区 RTMP_ADAPTER->TxContext[NUM_OF_TX_RING]->TransferBuffer 改为全局的方式定义。另外在测试时候发现驱动程序只使用到了 TxContext[AC0]的数据帧缓冲区 ，故只定义 AC0 通道的数据帧缓冲区。
5. mlme.c 中将 NICInitTransmit()函数所分配的发送 802.11 NULL 帧缓冲区 RTMP_ADAPTER->NullContext[2]->TransferBuffer 改为全局的方式定义。另外在测试时候发现驱动程序只使用到了 NullContext [0]的数据帧缓冲区 ，故只定义 0 通道的 NULL 帧缓冲区。
6. mlme.c 中将 NICInitTransmit()函数所分配的发送 802.11 PS-POLL 帧缓冲

区 RTMP_ADAPTER->PsPollContext->TransferBuffer 改为全局的方式定义。我将这些优化使用宏 HIGHLY_OPTIMIZE 作为开关。你可以直接在工程中搜索宏 HIGHLY_OPTIMIZE，以查找该优化修改了哪些源代码。

7.4 其它

1. rtmp_timer.h 中将 TIMER_QUEUE_SIZE_MAX 由 128 改为 32，在测试过程发现驱动程序实际上用不了这么多定时器。
2. 在 DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022 的源代码中有些常量变量没有加 const,对嵌入式系统来说这不仅会占用 ROM 空间也会占用 RAM 空间。我在这些常量变量前加了 const 以减少 RAM 的使用。
3. 在 RT2870STA.dat 中设置 WirelessEvent=1，这样 wlan.c 中 wireless_send_event()函数才会接收到无线驱动连接或断开路由器等消息。
4. cmm_data.c 中 MiniportMMRequest()函数第 88 行:
   UCHAR rtmpHwHdr[TXINFO_SIZE + pAd->chipCap.TXWISize];
   这句代码使用变量来定义局部变量大小，测试过程发现它会导致编译对 rtmpHwHdr 变量使用自带的 malloc 函数进行内存分配。在确保 pAd->chipCap.TXWISize 不会超过 32 后，我对它进行了如下修改：
   UCHAR rtmpHwHdr[TXINFO_SIZE + 32];

8 USB_Host_Linux_Convert

由于 DPO_RT5572_LinuxSTA_2.6.1.3_20121022 的驱动是针对 Linux 操作系统的，为了减小移植的难度，我在 uC/OS-II 下简单地实现该驱动所需要的 Linux 内核接口，我把它们放在 USB_Host_Linux_Convert\目录下。

实现的接口

类别	头文件	实现的接口
USB 主机	usbh_linux.h	usb_submit_urb() usb_kill_urb() usb_unlink_urb() usb_control_msg() usb_bulk_msg() 注: 目前只实现了控制传输和块传输
线程	kthread.h	kill_pid() kernel_thread()
complete	complete.h	init_completion() complete() complete_and_exit() wait_for_completion_timeout() wait_for_completion()
自旋锁	spinlock.h	spin_lock_init() spin_lock() spin_unlock() spin_lock_irqsave() spin_unlock_irqrestore()
信号量	sem.h	sema_init() down_interruptible() up() down_trylock() sema_destroy()
定时器	timer.h	mod_timer() init_timer() add_timer() timer_pending()

		del_timer()