

WBMS 统计命令解析及 PDR PS 测试方法

Yue, Tang

FAE/China CM

ABSTRACT

本文介绍了 TI WBMS 的统计功能,并详细说明了如何利用统计功能来测量 WBMS 系统型指标 PDR (Packet Delivery Rate)和 PS (Path Stability)。PDR, PS 指标比传统的 PER 能更好地衡量 WBMS 系统的稳定性。

Contents

| 1 | 引言 | 2 |
|---|--------------------------------|-----|
| 2 | PDR 和 PS 的定义 | 2 |
| | 2.1 PDR (Packet Delivery Rate) | 2 |
| | 2.2 PS (Path Stability) | 2 |
| 3 | TI WBMS SDK 统计命令集 | 2 |
| | 3.1 统计命令及其功能 简介 | 3 |
| | 3.2 基于统计命令的 PDR/PS 计算 | 4 |
| 4 | 使用 LLCOM 工具测试 WBMS 系统的 PDR、PS | 5 |
| | 4.1 LLCOM 工具介绍 | 5 |
| | 4.2 测试基本思路及详细步骤 | 6 |
| | 4.3 LLCOM PDR PS 测试的总结 | .12 |
| 5 | 参考文献 | .12 |
| | | |

Figures

| | • | |
|------------|-------------------------------|----|
| Figure 1. | LLCOM 主界面 | 5 |
| Figure 2. | LLCOM 脚本页面 | 6 |
| Figure 3. | TI CSU EVM 框图 | 6 |
| Figure 4. | 测试环境搭建 | 7 |
| Figure 5. | WM 工程中开启 MANUAL_NETWORK_START | 8 |
| Figure 6. | 选择串口及波特率 | 8 |
| Figure 7. | 快捷发送页面组网命令序列 | 9 |
| Figure 8. | 组网命令序列及其响应 | 10 |
| Figure 9. | 选择测试脚本 | 10 |
| Figure 10. | 逻辑分析仪测量通信间隔小于 100ms | 11 |



1 引言

PER(Packet Error Rate)是一个重要的射频指标,常用于评估射频芯片的接收灵敏度,但是用于评估 WBMS 整体系统性能时则不够全面,WBMS 系统除了射频芯片,还包含 AFE,HOST MCU 等,实际应用中客户更关心是整体系统是否能在 100ms(FTTI-Fault Tolerant Time Interval)成功读取到电芯电压和温度,重传率是否足够低,因此 PDR(Packet Delivery Rate)和 PS(Path Stability)常被用于衡量 WBMS 系统的稳定性。

如下是本文提到的一些英文缩写的含义:

2 PDR 和 PS 的定义

2.1 PDR (Packet Delivery Rate)

PDR 指的是在 100ms 间隔内读取到电芯数据时的成功率,要求是不低于 99.9%。在 TI WBMS 协议栈中,例如一个 1 WM 对 15WD 的网络,每次电芯数据的读取是由 WM 主节点发起,15 个 WD 依次分时返回各自的数据,如果 15 个 WD 有一个或多个 WD 在这次通讯中返回数据失败,则 WM 会自动重传,直到所有 15 个 WD 均成功返回数据,重传最大次数默认为 5 次,如果超过最大重传次数仍不成功,视为一次通讯失败。考虑到 100ms 间隔要求,并且对于 15WD 的网络,每次通讯需要花费 21ms 左右,因此最大重传次数不能大于 3。实际测试中通常会进行 10000 次电芯采样通讯来衡量这一指标。PDR 也包括系统 PDR 和各个无线节点的 PDR,系统 PDR 如能达到 99.9%,节点 PDR 则一定能达到。

2.2 PS (Path Stability)

PS强调的是点对点通讯成功率,需要指出的是每次重传也被记为一次通讯。例如一个1对3的网络,第一次WM发送电芯采样时,3个WD均成功反馈,第二次采样时,WD2没有成功反馈,因此触发重传,而在这次重传中所有3个WD数据传递均成功。这个例子中,虽然只进行了两次数据采集,但实际发生了三次通讯。对于1,3节点3次通讯都成功,因此他们的PS是100%,而节点2,只有两次成功,因此它的PS是2/3=66.7%。显然PS是用于评估节点的指标,减小重传可有效提升PS,实际应用中客户一般要求在10000次电芯数据采集时,PS需大于85%。

3 TI WBMS SDK 统计命令集

TI 最新的 WBMS SDK 已在底层实现统计功能,用户可以通过 Host 命令来获取这些统计信息,请通过 官网下载 STACK,并仔细阅读,如下是统计功能文档在 SDK 中的位置。

x:/ti/simplelink_wbms_sdk_x_xx_xx/docs/wbms/doxygen/html/group__STATISTICS__COMMAND S.html

TEXAS INSTRUMENTS

3.1 统计命令及其功能简介

目前支持的统计命令如下所示,具体帧格式请仔细阅读开发文档

- (0x30) APP_DIAG_GETFWVERSION
 - 获取 SDK 版本信息
- (0x32) APP_DIAG_GETNETWORKSTATS
 - 获取特定节点的延迟和 PER
- (0x33) APP_DIAG_GETXPACKETS
 - 获取已成功发送的包数 NumTxSuccessPackets 和发送失败的包数 NumTxFailedPackets。
 - NumTxFailedPackets 是发送失败次数的统计
 - NumTxSuccessPackets 是每次发送成功的统计,重传不计入

• (0x34) APP_DIAG_GETHROUGHTPUT

- 获取发送和接收的吞吐量,单位是 kbps
- (0x35) APP_DIAG_GETRXPACKETS
 - 获取特定节点已成功被 WM 接收的包数 NumRxSuccessPackets 和接收失败的包数 NumRxMissedPackets。
 - NumRxSuccessPackets 是 WM 每次成功接收特定节点包数的统计
 - NumRxMissedPackets 是连续多次重传仍未收到特定节点包数的统计
- (0x36) APP_DIAG_GETRSSI
 - 获取特定节点的 RSSI (接收信号强度指示) 值
- (0x37) APP_DIAG_GETJOINPKTCNT
 - 获取 Join 过程中扫描请求的计数
- (0x38) APP_DIAG_GETSTATS
 - 获取1个或多个节点的各次重传次数的统计,每个节点会返回20个字节,每4个字节表示 各次重传的次数,最多5次重传,需要注意各次重传并不会重复统计,比如某次通讯发生 了2次重传,则1次重传计数不会增加。
 - 获取 0-36 个通讯频道的重传次数统计
- (0x3D) APP_DIAG_GETKLVDURATION
 - 获取 Keep Alive 模式的持续时间 (以分钟 为单位)
- (0x3E) APP_DIAG_GETPARAMS

3



■ 获取 WBMS 参数如 Dual Main 的角色, WD 的 MAC 地址及状态, 跳频表等

3.2 基于统计命令的 PDR/PS 计算

首先,是系统 PDR 的计算,如下公式:

$$PDR_{系统} = 1 - \frac{Sum(NumRxMissedPackets 1 to n)}{NumTxSuccessPackets}$$
 (公式 3.2.1)

这里,n是网络中WD节点的数量。

即:累加所有 WD 节点的 NumRxMissedPackets(一次数据采集中 3 次重传没有一次能同时获得所有 WD 的数据),再除以 NumTxSuccessPackets。实际应用中,3 次重传过程中各个节点只需要有一次 成功上传了采样数据,可不认为是失败,因为即使是发生了最大 3 次重传,各个节点的采样数据时间 上的差异仍满足小于 100ms。为此,额外增加统计参数 *txfail*,这个参数在每次采样过程中,在连续 3 次重传后,一次都没有被成功接收到时才累加 1。按照这一设定,系统 PDR 可采用如下公式计算获 得:

$$PDR_{\underline{s}\underline{\kappa}} = 1 - \frac{txfail}{\text{NumTxSuccessPackets}}$$
(公式 3.2.2)

其次,是关于各个WD节点的PS,计算公式如下:

$$PS_{$$
节点} = 1 - Sum(retry 1 to 5) of Node n
NumTxSuccessPackets (公式 3.2.3)

n 是特定节点,总的重传次数按如下方式计算:

retryTotal = 1*st retry* + 2nd *retry* × 2 + 3*rd retry* × 3 + 4*th retry* × 4 + 5*th retry* × 5 发生重传即该节点的数据没有被 WM 接收到,当最大重传次数为 3 时,4th and 5th retry 计数为 0。

但 PS 的计算需要采用实际从物理层发出的包的数量,因此,每次重传时的发送也应该被统计,而 NumTxSuccessPackets 并不统计重传发生时的发送。比如一次数据采集发送时,不论经过几次重传, NumTxSuccessPackets 都只增加 1,因此并不准确。为此,引入新的统计参数 *txActual*,该参数是 从射频物理层角度统计每一次发送,如一次采样命令发送过程中,发生了两次重传,则该参数 计数会增加 3,即:第一次发送加上后面两次的重传。因此,采用如下公式计算节点的 PS:

$$PS_{\text{txActual}} = 1 - \frac{Sum(\text{retry 1 to 5})of Node n}{txActual}$$
 (公式 3.2.4)



最后,关于各个WD节点的PDR,可使用如下公式计算获得

 $PDR_{$ 节点} = 1 - $\frac{\text{NumRxMissedPackets of Node ID}}{\text{NumTxSuccessPackets}}$ (公式 3.2.5)

显然,如果系统 PDR 可以满足 99.9%的要求,则节点 PDR 一定可以满足。

4 使用 LLCOM 工具测试 WBMS 系统的 PDR、PS

4.1 LLCOM 工具介绍

LLCOM 是一个开源的串口工具,它最主要的特点是支持 Lua 语言扩展,除了具备常用串口工具的串口收发,定时发送,及命令序列运行外,它还可以通过 Lua 脚本解析串口数据并执行自动化操作。常用的串口工具如 WINDOWS 自带的串口调试工具也能支持 JavaScript 脚本扩展,但并不是免费开源软件,LLCOM 代码开源,可以定制出高自由度的串口调试工具。

| S LLCOM - WBMS PS PDR TEST - 1.1.3.6 | - 0 | \times |
|--|--|----------|
| | 快捷发送 🖸 运行脚本 🚷 小工具 关于 | • |
| | 编号 (未命名0) 内容 | HEX |
| | 1 FE 00 00 3A 12 28 复位命 | × |
| | 2 FE 01 00 3A 47 00 7C 设置Volatile模 | t × |
| | 3 FE 10 00 3A 40 00 00 0F 00 00 00 00 设置网络参数 | 3 🗙 |
| | 4 FE 01 00 3A 48 01 72 设置加入横 | t × |
| | 5 FE 88 00 3A 49 0F BF 6B 5B 9B A8 设置加入设备表 | 3 🗙 |
| | 6 FE 01 00 3A 42 00 79 启动网络 | 8 × |
| | 添加新项目 删除最后一项 | |
| | 发送处理的lua脚本,同样对此处发送的数据生效。 | |
| | 导入数据到该页 导出该页数据 | |
| | 一键清空该页数据 | |
| RTS X DTR X Hex显示 X 发Hex 发末尾加回车换行 强制进入终端模式 | 一键导入SSCOM数据 | |
| 注 清空日志 FE 07 00 5A 0A 00 C0 05 74 23 4A FC 73 发送 串口 再名论题 | | |
| 刷新串口 串口: XDS110 Class Application/User UART (COM15) · 波特率 | 状态: 打开 已发送字节: 810301 已接收字节: 9 | 443549 |

Figure 1. LLCOM 主界面

ZHCAE70



快捷发送 🖸 运行脚本 🗞 小工具 关于 PSPDR_T_HC - 🙆 🕨 🗁 😂 🥥 🤜 2 --PS PDR Test Script 3 local cmdBQvoltInterval = 70 -- 修改 5 6 wbmsNetId =0xDDDD wbmsNodeNumber = 1 7 8 wbmsMaxRetries =3 10 wbmsNodeRty={{},{},{},{},{}} wbmsChannelRty={} 11 12 wbmsNodeRtyTotal ={} 13 14 NumTxSuccessPackets=0 15 NumTxFailedPackets=0 16 17 NumRxSuccessPackets={} 18 NumRxMissedPackets={} 19 -- 需要重新初始化,才能正确统计 20 21 22 23 24 25 local cmdBQvoltReading= ("FE 07 00 5A 0A 00 C0 05 74 23 4A FC 73"):fromHex() 26 27 local StatisticsIdx =0 local StaticgetTxPackets =("FE 00 00 3A 33 09"):fromHex() --getTxPackets,4B success,4B fail local StaticgetChannel = ("FE 03 00 3A 38 02 00 25 26"):fromHex() --getStats_Channel local StaticgetNode = ("FE 03 00 3A 38 02 00 25 26"):fromHex() --getStats_Node local StaticgetPx_rL 28 29

Figure 2. LLCOM 脚本页面

4.2 测试基本思路及详细步骤

30

首先,需要搭建起一个1对多WBMS网络,在本次测试中,WM采用的是TI的LAUNCHXL-CC26X2R1 评估板,WD 节点则使用 TI 汽车系统设计团队的 CSU EVM,该 EVM 使用了 TI CC2662-Q1 无线 MCU 和 TI 新一代 18 通道高精度汽车级 AFE BQ79718-Q1,如下图所示。请通过您的 TI 业 务代表获得相关的评估板和设计文件。



Figure 3. TI CSU EVM 框图



接下来,使用 LLCOM 发送 Host 控制命令完成 WBMS 1 对 15 网络的组网。组网完成后,运行 Lua 脚本,自动以设定的间隔时间持续发送电芯电压采样命令。当完成 10000 次采样命令发送后,脚本会自动发送如上描述的各项统计命令,并基于统计命令反馈的结果计算出 PDR、PS 的结果并打印出来。

特别说明:可以使用逻辑分析仪监测 LAUNCHXL-CC26X2R1 的串口,已观察串口数据的收发,确保 采样命令的发送间隔小于 100ms,以符合 PDR 测试要求。逻辑分析仪可直接连接 LAUNCHXL-CC26X2R1 的 J1 排针的 DIO2(TX) 和 DIO3(RX)。



Figure 4. 测试环境搭建

以下是详细步骤,操作视频请点击链接:

• Step1 测试所使用的 WM 和 WD 的固件程序,可直接采用 WBMS SDK 中的默认工程编译。 WM 的工程需要在预定义中开启 MANUAL_NETWORK_START,以允许接收来自 Host 的命令 来设置启动网络,如下图所示:



| type filter text | Predefined Symbols |
|--|--|
| > Resource General > Build > SysConfig > Arm Compiler Processor Options Optimization Include Options > Predefined Symbols > Advanced Options > Arm Linker Arm Hex Utility [Disabled] Arm Objcopy Utility [Disabled] > Debug | Configuration: Debug [Active] Pre-define NAME (-D) \$(COM TI_SIMPLELINK_WBMS_SDK_SYMBOLS) \$(SYSCONFIG_TOOL_SYMBOLS) DEBUG STATS_ARR_SIZE=32 NVOCMP_NVPAGES=2MPU_PRESENT=1U USE_TIMEBASE_RTC OAD_ONCHIP FEATURE_NATIVE_OAD NPI_USE_BUFFER_MANAGER WBMS_HOST_EXTERNAL DIAG xHOST_ENCRYPTION xEXTERNAL_WDOG xBIM_VERIFY_VERSION_IMAGE BIM_RESTRICTED_ROLLBACK_VERIFY_COMMIT_IMAGE NPI_USE_UART WMAIN SECURITY MANUAL_NETWORK_START xTHRUPUT_TEST BQ_COMMAND_AGGREGATION xDWM_PRIMARY xDUAL_WMAIN DeviceFamily_CC26X2 POWER MEASUREMENT |

Figure 5. WM 工程中开启 MANUAL_NETWORK_START

如使用的硬件和前文提到的一致,也可从如下链接下载已编译好的固件 bin 文件用于烧录测试。注意虽然有多个 WD 节点,但固件程序使用同一个。固件链接

- Step 2 搭建好硬件测试环境后,使用 USB 线连接 <u>LAUNCHXL-CC26X2R1</u>和 PC,运行 LLCOM,请通过链接下载这个工具,与本测试相关的命令序列和测试脚本均包含在这个版本的 LLCOM 中。
- Step 3 LLCOM 中选择正确的串口。通常 LAUNCHXL-CC26X2R1 会显示两个串口,选择 "XDS110 Class Application/User UART (COMXX)",串口波特率选择 921600。



Figure 6. 选择串口及波特率



• Step 4 打开串口后,在 LLCOM 的"快捷发送"栏,按顺序 1-6 点击发送预设的命令,完成 WBMS 网络的建立。请特别注意点击命令的顺序。如错误,请点击第 1 条复位命令重新开始, 关于命令的详细说明请参考 SDK 中的文档。

| | | | | | | - | - 0 | × |
|--|---|-----|------|------|---------|-----|--------|-----|
| 央捷发送 🖸 | 运行脚本 | & | 小工具 | 关于 | | | | |
| 编号 (PDR_I | PS_TEST) | | | 内容 | 点击发: | 送 🔪 | | HE |
| 1 FE 00 00 | 3A 12 28 | | | | | | 复位命令 | |
| 2 FE 01 00 3A 47 00 7C 设置Volatile模式) | | | | | | | | |
| 3 FE 10 00 | 3 FE 10 00 3A 40 00 00 0F 00 00 00 00 03 0E 00 00 FF FF FF FF FF 97 设置网络参数-15 | | | | | ; | | |
| 4 FE 01 00 | 3A 48 01 72 | | | | | | 设置加入模式 | ;) |
| 5 FE 88 00 3A 49 0F BF 6B 5B 9B A8 FC FF FF 00 B6 7A 5B 9B A8 FC FF 设置加入设备表-15 | | | | | ; ; | | | |
| 6 FE 01 00 | 3 A 4 2 00 79 | | | | | | 启动网络 | ; |
| 」 ¹ 令序号 | 添加新 | 顽目 | | | 删除最 | 后一项 | Ę | |
| 发送处理的间 | ua脚本,同样 | 对此如 | 发送的数 | 据生效。 | | | | |
| | 导入数据 | 到该 | 页 | | 导出该 | 页数据 | ŝ | |
| | | | | 一键清 | 空该页数据 | | | |
| | | | - | 一键导入 | SSCOM数据 | | | |

Figure 7. 快捷发送页面组网命令序列

请注意: 命令3和命令5需要根据测试的实际情况做调整。命令3用于设定网络的参数,如网络 ID,WD 节点数量,最大重传次数等。命令5则是需要先获得测试所使用的 WD 节点的 MAC 地址。请参考文档 Network Configuration Commands 章节的 0x40 和 0x49 命令,文档位置参考如下链接:

simplelink_wbms_sdk_x_y_z/docs/wbms/doxygen/html/group__NETWORK__CONFIGURATI ON__COMMAND.html

命令 3 示例: FE 10 00 3A 40 00 00 0F 00 00 00 03 0E 00 00 FF FF FF FF FF 97,其中绿 色表示 WD 节点数量为 15 个,红色表示最大重传次数为 3 次,蓝色表示 Keep Alive Interval 为 14,这个值需要根据节点数量调整。

命令 5 示例: FE 88 00 3A 49 **0F BF 6B 5B 9B A8 FC FF FF 00 B6 7A 5B 9B A8 FC FF FF 01** 73 6A 5B 9B A8 FC FF FF 02 9A 7B 5B 9B A8 FC FF FF 03 8A 58 5B 9B A8 FC FF FF 04 A2 7B 5B 9B A8 FC FF FF 05 3D 7F 5B 9B A8 FC FF FF 06 F5 7B 5B 9B A8 FC FF FF 07 A5 7B 5B 9B A8 FC FF FF 08 D9 7A 5B 9B A8 FC FF FF 09 C5 6A 5B 9B A8 FC FF FF 0A DF 7A 5B 9B A8 FC FF FF 0B B8 7B 5B 9B A8 FC FF FF 0C A0 69 5B 9B A8 FC FF FF 0D BC 44 5B 9B A8 FC FF FF 0E CD, 其中红色是节点数量, 绿色为第一个 WD 设备的 MAC 地址, 蓝色表示分配的 ID 为 0, 其他节点按照同样的 8 字节 MAC 地址和 1 字节分配 ID 格式填入, 这里仅用颜色标注了节点 0 和 1。

下图展示了一次成功组网的命令序列及其响应,红色是 LLCOM 发出的命令,绿色则是 WM 的 响应。请确保获得正确的响应("00"表示正确),并且收到的最后一条响应是 5A 26。收到 5A 26 即表示网络已成功组建。

```
ZHCAE70
```



| S LLCOM - WBMS PS PDR TEST - | 1.1.3.6 | - 🗆 X |
|-----------------------------------|--|--|
| [2024/06/30 16:07:00.521] + | FE 00 00 3A 12 28 | 唐发送 口 法行期本 🙈 小丁目 关于 🔮 |
| [2024/06/30 16:07:00.587] → | FE 0C 00 5A 29 02 00 06 00 92 24 F0 73 B6 D8 FF FF 20 | 2000 D 120044 60 11236 X1 |
| [2024/06/30 16:07:02.097] + | FE 01 00 3A 47 00 7C | 号 (PDR PS TEST) 内容 HEX |
| [2024/06/30 16:07:02.157] → | FE 01 00 7A 47 00 3C | FF 00 00 3A 12 28 复位命令 X |
| [2024/06/30 16:07:03.040] + 97 | FE 10 00 3A 40 00 00 0F 00 00 00 00 03 0E 00 00 FF FF FF FF | |
| [2024/06/30 16:07:03.187] → | FE 11 00 7A 40 DD DD 0F 46 0E 01 0F 03 0E 28 03 FF FF FF FF FF | FE 01 00 3A 47 00 7C 设置Volatile使式 👗 |
| 00 BB | 3 | FE 10 00 3A 40 00 00 0F 00 00 设置网络参数-15 🗙 |
| [2024/06/30 16:07:04.046] < | FE 01 00 3A 48 01 72 4 | FE 01 00 3A 48 01 72 设置加入横式 🗙 |
| [2024/06/30 16:07:04.099] → | FE 01 00 7A 48 00 33 | FE 88 00 3A 49 0F BE 6B 5B ()设置加入设备电-15 X |
| [2024/06/30 16:07:05.003] + | FE 88 00 3A 49 0F BF 6B 5B 9B A8 FC FF FF 00 B6 7A 5B 9B A8 FC | |
| 04 A2 78 58 98 A8 FC FE | FE 05 3D 7E 5B 9B 08 FC FE FE 06 F5 7B 5B 9B 08 FC FF FF 07 05 | FE 01 00 3A 42 00 79 启动网络 × |
| 78 58 98 A8 FC FF FF Ø8 | D9 7A 5B 9B A8 FC FF FF 09 C5 6A 5B 9B A8 FC FF FF 0A DF 7A 5B | 法加新项目 删除最后一项 |
| 9B A8 FC FF FF ØB B8 7B | 58 98 A8 FC FF FF 0C A0 69 58 98 A8 FC FF FF 0D BC 44 58 98 A8 | |
| FC FF FF ØE CD | | 送处理的lua脚争,同样对此处发达的数据主效。 |
| [2024/06/30 16:07:05.053] → | FE 01 00 7A 49 00 32 | 导入数据到该页 导出该页数据 |
| [2024/06/30 16:07:05.807] + | FE 01 00 3A 42 00 79 | |
| [2024/06/30 16:07:05.868] > | FE 01 00 7A 42 00 39 FE 04 00 54 22 01 86 74 58 98 48 FC FE FE 04 2F FE 04 00 54 22 | 一鞭洞空族贝戴据 |
| 02 73 6A 5B 9B A8 FC FF | FF 04 F9 FE 0A 00 5A 22 03 9A 7B 5B 9B A8 FC FF FF 04 00 | 一键导入SSCOM数据 |
| [2024/06/30 16:07:05.963] → | FE 0A 00 5A 22 00 BF 6B 5B 9B A8 FC FF FF 04 36 FE 0A 00 5A 22 | |
| 04 8A 58 5B 9B A8 FC FF | FF 04 34 FE 0A 00 5A 22 05 A2 7B 5B 9B A8 FC FF FF 04 3E FE 0A | |
| 00 5A 22 06 3D 7F 5B 9B | A8 FC FF FF 04 A6 FE 0A 00 5A 22 07 F5 7B 5B 9B A8 FC FF FF 04 | |
| 6B | FE 04 00 FA 33 08 AF 78 FB 08 48 FC FF 64 34 FF 04 00 FA 33 | |
| [2024/06/30 16:07:06.041] + | FE 0A 00 5A 22 08 A5 7B 5B 9B A8 FC FF FF 04 54 FE 0A 00 5A 22 | |
| 00 5A 22 0B DF 7A 5B 9B | A8 FC FF FF 04 4C | |
| [2024/06/30 16:07:06.120] + | FE 0A 00 5A 22 0C B8 7B 5B 9B A8 FC FF FF 04 2D FE 0A 00 5A 22 | |
| 0D A0 69 58 98 A8 FC FF | FF 04 26 FE 0A 00 5A 22 0E BC 44 5B 9B A8 FC FF FF 04 14 | |
| [2024/06/30 16:07:06.733] → | FE 0B 00 5A 20 DD DD BF 6B 5B 9B A8 FC FF FF 00 31 | |
| [2024/06/30 16:07:06.778] + | FE 08 00 5A 20 DD DD 86 7A 5B 9B A8 FC FF FF 01 28 | |
| [2024/06/30 16:07:06.846] → | FE 08 00 5A 20 DD DD 73 6A 5B 9B A8 FC FF FF 02 FE FE 08 00 5A | |
| [2024/06/30 16:07:06.889] + | FE 08 00 5A 20 DD DD 8A 58 5B 9B A8 FC FF FF 04 33 FE 08 00 5A | |
| 20 DD DD A2 78 58 98 A8 | FC FF FF 05 39 | |
| [2024/06/30 16:07:06.937] → | FE 0B 00 5A 20 DD DD 3D 7F 5B 9B A8 FC FF FF 06 A1 FE 0B 00 5A | |
| 20 DD DD F5 7B 5B 9B A8 | FC FF FF 07 6C | |
| [2024/06/30 16:07:06.968] → | FE 0B 00 5A 20 DD DD A5 7B 5B 9B A8 FC FF FF 08 33 FE 0B 00 5A | |
| 20 DD DD D9 7A 5B 9B A8 | FC FF FF 09 4F | |
| [2024/06/30 16:07:07.000] + | FE 0B 00 5A 20 DD DD DF 7A 5B 9B A8 FC FF FF 0B 48 FE 0B 00 5A | |
| 20 DD DD B8 78 58 98 A8 | FC FF FF ØC 2A | |
| [2024/06/30 16:07:07.094] → | FE 0B 00 5A 20 DD DD A0 69 5B 9B A8 FC FF FF 0D 21 FE 0B 00 5A | |
| 20 DD DD BC 44 5B 9B A8 | FC FF FF ØE 13 | |
| [2024/06/30 16:07:07.188] → | FE 09 00 5A 26 40 E5 F9 4E 00 00 00 00 00 67 | |
| | | |
| RIS X DTR X Hex显示 X | 友Hex 友末尾加回车换行 X 替换不可见字符 停止打印 强制进入终端模式 | |
| 关闭 清空日志 FE 07 00 | 5A 0A 00 C0 05 74 23 4A FC 73 | |
| 串口更多设置 | 友送 | |
| 刷新串口 串口: XDS110 Clas | ss Application/User UART (COM15) - 波特率: 921600 - | 状态: 打开 已发送字节: 375 已接收字节: 641 |

Figure 8. 组网命令序列及其响应

• Step 5 成功完成组网后,勾选"停止打印",并进入"运行脚本"页面。选择打开时测试脚本"PSPDR_TEST.lua",测试代码全部可见。请根据网络WD节点数量和统计结果打印频度,修改 cmdBQvoltInterval 和 cmdTestCycle 参数。cmdBQvoltInterval 设置为 70,可以确保发送命令间隔小于 100ms(参见 Figure 10), cmdTestCycle 实际测试时可以设置为 10000。 en_print_GETSTATSE 和 en_print_GERXPACKETS 设置是否开启打印额外的统计信息,默认关闭。

| 快捷发送 🖸 运行脚本 🚷 小工具 关于 | | | | |
|--|--|--|--|--|
| PSPDR_TEST V 📓 🕨 🔁 😂 🗲 | | | | |
| PS PDR Test Script local cmdBQvoltInterval = 70 local cmdTestCycle = 100 local en_print_GERXPACKETS = 0 local en_print_GETSTATSE = 0 | 修改, 命令发送间隔, 单位ms 修改, 执行多少次采样命令后, 打印统计结果 修改, 是否打印GERXPACKETS信息, 1是, 0否 修改, 是否打印GETSTATSE信息, 1是, 0否 | | | |

Figure 9. 选择测试脚本





Figure 10. 逻辑分析仪测量通信间隔小于 100ms

 Step 6 点击绿色三角箭头,运行脚本,开始测试。当发送次数达到设定的 cmdTestCycle 后, 会自动打印统计结果,如下是一次发送了 10000 包数据后的统计信息:

NumTxSuccessPackets: 10707, NumTxFailedPackets: 0, TotalNumRxMissedPackets: 1

txActual: 12682, txfail: 1

System PDR: 99.99%, actual PDR 99.99%

node PDR:0(100.0%)-1(100.0%)-2(100.0%)-3(100.0%)-4(100.0%)-5(100.0%)-6(100.0%)-7(100.0%)-8(100.0%)-9(100.0%)-10(100.0%)-11(100.0%)-12(100.0%)-13(100.0%)-14(100.0%)

node PS:0(99.3%)-1(99.1%)-2(97.7%)-3(96.9%)-4(99.7%)-5(99.3%)-6(98.9%)-7(96.9%)-8(96.1%)-9(97.1%)-10(97.2%)-11(95.8%)-12(96.4%)-13(94.3%)-14(95.6%)

此打印信息显示:

成功发送了10707包,发送失败0次,总的接收失败是1次

txActual 为统计了重传的发送次数,为 12682, txfail 为 1

System PDR 采用(公式 3.2.1) 计算而来,而 actual PDR 则基于(公式 3.2.2)

node PDR 基于(公式 3.2.5), node PS 则基于(公式 3.2.4)

node PDR 和 PS 的打印格式如 2(98.3%) 表示节点 2, 括号内的是对应的计算结果。

请参考前面 3.2 节的描述。

另外,如果出现一次通讯中多次重传仍失败时,会打印如下信息:

23 fail: 23 01 2

Retry Failed: 0(4)-1(4)-2(4)-3(4)-4(4)-5(4)-6(4)-7(3)-8(3)-9(3)-10(4)-11(**0**)-12(4)-13(3)-14(3) 这条信息显示, 11 号节点在这次数据采集通讯中,数据一次都没有被 WM 接收到。

最后,如果在 Lua 脚本中将 en_print_GETSTATSE 和 en_print_GERXPACKETS 设置为 1,则会 打印出如下额外的信息,这些信息将有助于分析各个节点在各次重传次数、NumRxMissedPackets 及 37 个无线频道重传次数的信息,如下数据所示:

Retry Node n = [r1:1], [r2:0], [r3:0], [r4:0], [r5:0], 其中 r1 表示 1 次重传

Rx Node n = Success: 101, Missed:0Channel 0 = 0

Channel n = 1

4.3 LLCOM PDR PS 测试的总结

LLCOM 支持 Lua 语言扩展,不到 300 行代码即可完成对 WBMS 系统的 PDR 及 PS 的测试。

5 参考文献

- 1. CC2662R-Q1 SimpleLink[™]无线 BMS MCU 数据表 (Rev. C)
- 2. <u>BQ79616-Q1 数据手册</u>
- 3. SIMPLELINK-WBMS-SDK Document and User guide
- 4. BQ79616-Q1 软件设计参考
- 5. <u>The next generation Wireless BMS using the CC2662R-Q1</u>
- 6. More miles, less wires: Revolutionizing automotive battery management
- 7. Using wireless technologies to replace cables in car access and battery management

重要声明和免责声明

TI"按原样"提供技术和可靠性数据(包括数据表)、设计资源(包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源, 不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保,包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担 保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任:(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品,(2) 设计、验 证并测试您的应用,(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更,恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。 您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成 本、损失和债务,TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址:Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265 Copyright © 2024,德州仪器 (TI) 公司