

Application Note

通过 PPP 建立网关连接



Bailey Looper, Schuyler Patton

摘要

本文档描述了通过在连接到 AM62x TI 处理器的蜂窝调制解调器上配置点对点协议 (PPP) 以建立网关的过程。PPP 是数据链路层协议通信协议，用于在两个网络节点或端点之间建立直连。PPP 使运行 Linux 的处理器能够通过调制解调器交换 IP 流量，然后将调制解调器桥接至 GSM 或 LTE 网络。

内容

1 用例	2
2 平台和产品	2
2.1 硬件.....	2
2.2 软件.....	4
3 方法	5
4 启动接口和建立连接的步骤概述	6
5 排查	6
5.1 首先连接电源并初始化.....	6
5.2 在 PPP 之前验证网络.....	6
5.3 首先测试手动拨号.....	6
5.4 拨号上网时的计时.....	6
5.5 串行通信.....	7
5.6 聊天脚本.....	7
5.7 PPP 选项.....	7
5.8 信号强度和天线设置.....	8
5.9 调制解调器复位.....	8
6 总结	8
7 参考资料	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 用例

在许多应用中，需要一个可靠的互联网网关来实现远程设备的通信、监控或控制。当无法实现传统有线连接或无线（例如 802.11）覆盖范围不一致时，蜂窝调制解调器可提供有效的设计。通过利用 PPP，处理器可以将蜂窝调制解调器无缝集成为网络接口。

一种重要的应用是密集城市环境中的电动汽车充电站。建筑结构通常会衰减或阻挡 Wi-Fi 信号，从而限制用于支付处理或电网协调的连接性。原则上可以使用以太网，但对有线基础设施的物理访问通常受到安全问题或成本的限制。蜂窝调制解调器提供了一种极具吸引力的替代方案，能够提供安全的专用互联网路径。

大楼自动化是另一个可以运用蜂窝网络上的 PPP 的领域。许多安装情形需要覆盖到 Wi-Fi 无法到达的设施的偏僻角落。蜂窝连接提供了一种可靠且可维护的通信方式，无需依赖有线回程（例如以太网或光纤电缆）。PPP 也广泛应用于运输和物流领域，长途货运和送货车队，依靠蜂窝链路在广大的地理区域保持可靠的通信。

2 平台和产品

2.1 硬件

所需的硬件是处理器，它们之间配备了使用 UART 或 USB 连接的蜂窝调制解调器以及一种基于控制台的开发方法。

该实施是在 TI AM625 处理器上使用 BeaglePlay 单板计算机以及 Quectel BG95 多模式 LPWA 蜂窝模块开发的。但是，本应用手册中讨论的步骤可以与运行 Linux 的其他 TI ARM 处理器一起使用，因为这些过程和协议与处理器无关。

通过用于 UART 通信的微总线点击接头实现处理器和调制解调器之间的连接，但典型设计中也支持 USB。这里使用的是 UART，因此该实现仅限于低比特率应用。已将活跃的 Hologram SIM 卡插入调制解调器。在连接到 BeaglePlay 的 Linux 主机系统上进行了开发和调试。

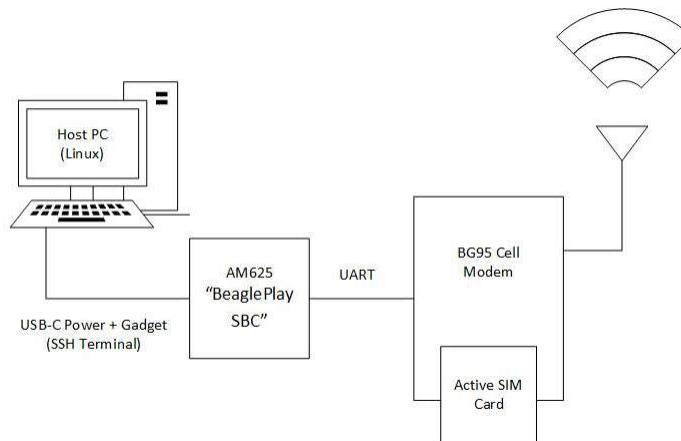


图 2-1. 必要硬件

可通过 BeaglePlay 和蜂窝调制解调器的上述连接来完成整个实现。BeaglePlay 板通电后，USB Type-C 端口作为主电源和 USB 小工具，具备双重用途，从而允许使用开发接入点。通过此连接，主机 PC 可以与电路板建立 SSH 会话（请参阅[连接 WiFi - 步骤 2 ssh debian@192.168.8.1](#)），从而创建一个方便的环境，用于配置调制解调器和启动 PPP 连接，同时无需额外的接口。

当使用 mikroBUS 点击接头时，从 BeaglePlay 与 BG95 的连接仅限于 UART，但很多时候会在处理器和调制解调器之间使用 USB。

以下额外设置对于进一步调试很有帮助。

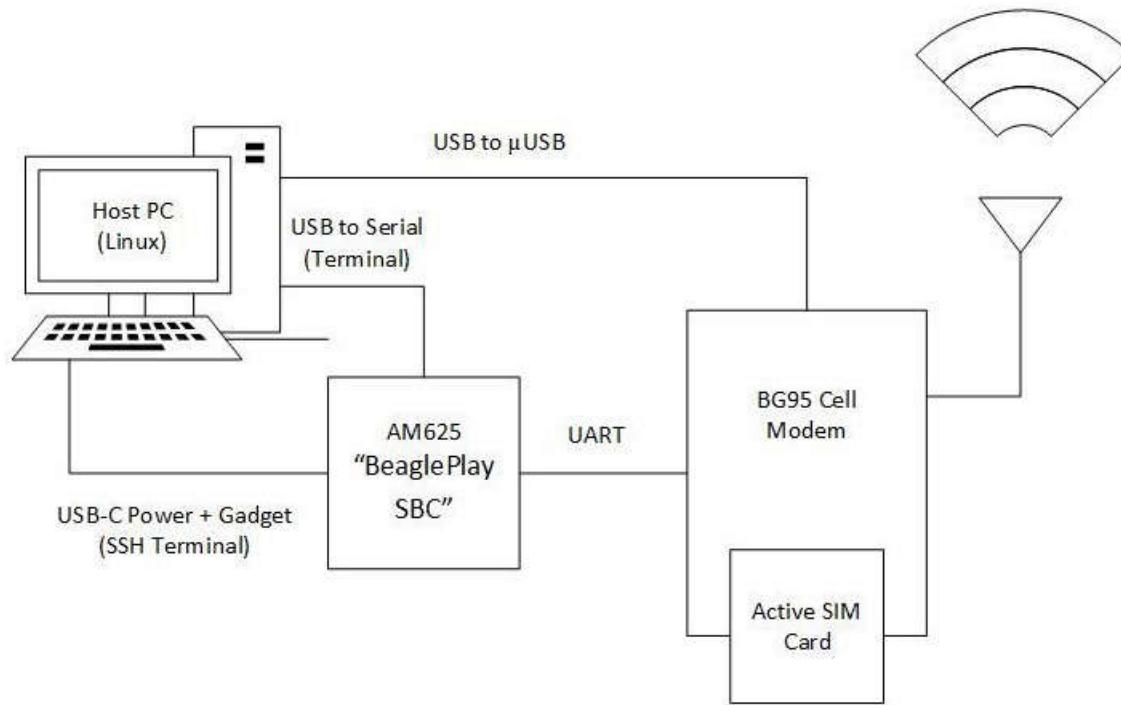


图 2-2. 其他硬件

可通过 BeaglePlay 和主机 PC 之间的 UART 连接来使用交互式引导控制台并在启动期间访问引导日志。成功引导后，可以使用 `dmesg` 命令通过 SSH 会话访问相同的日志。这一连接为可选步骤。

主机 PC 和 BG95 之间的 USB 转 Micro-USB 连接可直接访问调制解调器以验证功能，之后再尝试通过 BeaglePlay 进行通信。这一连接为可选步骤。

2.2 软件

Application	← Tools (e.g. curl, ping, browser, ICMP)
Socket API	← BSD sockets (used by apps to access TCP/IP) (library)
TCP / UDP Layer	← Manages connections (TCP) or datagrams (UDP)
IP Layer	← IP addressing and routing (usually IPv4)
PPP	← Point-to-Point Protocol: encapsulates IP over serial
Serial Driver	← /dev/ttyS0, /dev/ttyUSB0, etc.
AT Commands	← ATD*99# to dial, AT+CGDCONT for APN, etc.
GSM Modem HW	← Quectel BG95, SIM800, etc.
GSM/LTE Network	← T-Mobile, AT&T, Verizon towers

图 2-3. 网络堆栈

完成硬件连接后，PPP 将在 Linux 网络协议栈和调制解调器之间建立连接。PPP daemon (pppd) 负责通过调制解调器的串行端口建立和管理点对点协议会话。此举将协商 PPP 会话，根据需要执行身份验证（如 CHAP 或 PAP），并在主机上设置 ppp0 网络接口。这包括分配 IP 地址、配置路由，以及设置 DNS 服务器，以便系统通过连接发送和接收 IP 通信。

调制解调器通过 AT 命令进行控制，以便注册蜂窝网络并开始数据会话。AT 命令是一种行业标准，它提供了一个基于文本的接口来实现调制解调器的功能。例如，AT+CGDCONT=1,"IP","<APN>" 使用所需的 APN 配置 PDP 环境，使用 ATD*99# 发起实际的连接。调制解调器返回 CONNECT 后，PPP 会话将变为活跃状态，调制解调器将充当透明链路层管道，通过蜂窝网络传输封装的 IP 数据包。

来自操作系统的数据会流经 ppp0 网络接口。IP 数据包由 PPP 封装，并通过串行链路传输到调制解调器。调制解调器将这些数据包转换为蜂窝数据，并与 GSM 或 LTE 网络通信，向更广泛的互联网发送数据并接收数据。通过这种方式，PPP 会话可通过调制解调器的串行接口，将主机的 IP 层连接到蜂窝网络。

3 方法

PPP 通常用于远程网络访问和互联网连接。在此应用中，PPP 提供了一种基于串行的轻量级机制来传输 IP 数据包。

Linux 内核本身就包含 PPP 支持。PPP Daemon (pppd) 管理 PPP 连接。pppd 与内核的 PPP 驱动程序一起设置、维护和配置 PPP 连接，包括协商 IP 地址和处理身份验证。

在 PPP 可以运行之前，必须使用 AT 命令通过串行端口配置调制解调器。PPP 拨号后，串行端口将成为处理器和网络连接之间的数据路径。常用的 AT 命令包括如下：

AT 命令	说明
AT+CPIN ?	检查 SIM 卡是否已解锁并可供使用
AT+CEREG ?	报告蜂窝网络上的设备注册状态
AT+COPS?	查询当前选定的网络运营商
AT+CSQ	返回接收信号强度指示 (RSSI) 和误码率 (BER)
AT+CGDCONT ?	显示定义的 PDP 上下文，包括 APN 配置
ATD*99#	发起 PPP 数据呼叫以建立网络连接
AT+QNWINFO	报告活跃的无线电接入技术 (RAT) 和频段 (特定于 Quectel)

一旦确认调制解调器在网络中已注册并且数据配置文件处于活动状态，就可以启动 PPP。常见的工作流程包括通过 AT 命令验证调制解调器的状态，确认信号强度和注册，然后通过调用 chat 和 pppd 的对等配置文件启动 PPP。聊天实用程序发出拨号上网的 AT 命令，而 pppd 在返回 CONNECT 后锁存到会话中。chat 脚本会自动执行拨号上网过程，避免手动拨号时会出现的时序问题。要了解有关 AT 命令和 Quectel 调制解调器及其他接口的更多信息，请参阅 [Quectel _BG95&BG77&BG600L_Series_AT_Quectel_Commands_Manual_V2.0](#)。

4 启动接口和建立连接的步骤概述

有关通过点对点协议建立网关连接的分步实现，请参阅 BeagleBoard 网站上的使用蜂窝调制解调器建立网关。

BeagleBoard 文章介绍内容如下：

- 打开蜂窝调制解调器的电源。
- 与调制解调器建立串行连接。
- AT 命令：配置调制解调器，检查信号强度并确认调制解调器已注册到网络。
- Linux 命令：自动使用调制解调器拨号上网，启动 PPP 和测试网络连接。

5 排查

如果调制解调器未按预期拨号或连接到网络，调试步骤包括：

5.1 首先连接电源并初始化

首先，确认为调制解调器供给了足够的电源，已退出复位，并且正在响应 AT 命令。快速检查的方法是发出 AT+CPIN?，以确保在尝试拨号之前检测到 SIM 并准备就绪。

5.2 在 PPP 之前验证网络

在启动 PPP 之前，请验证调制解调器的信号是否良好并且已正确注册到网络。

使用 AT+CSQ 开始以检查信号强度；以 RSSI 值 15 或更高为目标，实现可靠运行。如果信号较弱，请尝试移至其他物理位置或调整天线。有关更多详细信息，请参阅下面有关天线信号强度的部分。

接下来，通过 AT+COPS? 和 AT+CEREG? 确认网络注册。如果 AT+COPS? 继续返回 +COPS : 0 即使在等待一两分钟后，使用 AT+COPS=? 强制网络扫描，但请注意，此过程可能需要几分钟，在此期间调制解调器不会响应其他 AT 命令。可以使用 AT+QNWINFO 检查当前的无线电接入技术 (RAT) 和频段，以确认调制解调器已连接到预期的技术（例如 LTE Cat-M1）。请参阅 [AT+COPS：模式、参数和示例](#)，了解有关操作员选择模式、操作员和无线电接入技术 (RAT) 的更多详细信息，查看 [+CREG、+CGREG 与 +CEREG](#)，了解有关设备注册状态的更多详细信息。

5.3 首先测试手动拨号

在依赖 PPP 之前，尝试使用 ATD*99# 手动拨号。如果这样做无法实现 CONNECT，则 PPP 也不会成功。

5.4 拨号上网时的计时

从调制解调器配置转换到 PPP 协商时，计时至关重要。调制解调器进入 PPP 模式后，必须立即连接 PPP Daemon。从终端手动发出 AT 命令，然后切换到启动 pppd 通常会因竞争条件而失败。相反，请使用聊天脚本自动执行配置和拨号顺序；这可确保 PPP 无缝连接。

5.5 串行通信

通过 UART 进行通信时，请使用终端仿真器（如 `tio`）来验证命令/响应行为。要调试聊天脚本中使用的命令，请打开两个终端：一个运行 `cat /dev/ttyS0` 进行侦听，另一个发送命令时使用 `echo -e "AT\r" > /dev/ttyS0`。此设置允许在与 `pppd` 集成之前验证命令序列和调制解调器响应。

如果问题仍然存在，请仔细检查串行端口配置。已知的工作配置为：

```
sudo stty -F /dev/ttyS0 115200 cs8 -cstopb -parenb -crtscs
```

配置可能因调制解调器或处理器而异。要了解有关串行端口配置的更多信息，请参阅 [Linux 手册页](#)。要确认配置：重新启动，重新配置，并在重新尝试 PPP 之前使用 `cat` 和 `echo` 重新测试。有关串行配置的更多详细信息，请参见 `stty` 手册页。

请注意，一次只能有一个程序访问串行端口。不要与 `pppd` 或 `chat` 同时运行 `cat /dev/ttyS0` 或 `tio`。

5.6 聊天脚本

在对等文件中，行

```
connect "/usr/sbin/chat -v -f /etc/ppp/peers/bg95-chat"
```

处理拨号和分组数据协议 (PDP) 设置。如果 AT 命令失败，请仔细检查聊天脚本是否存在格式问题。

要进行调试，请在脚本中启用 ECHO ON，则使用下面的命令手动运行 `chat` 以观察交换情况，同时而不涉及 `pppd`。

```
chat -v -f script > /dev/ttyS0 < /dev/ttyS0
```

请注意，聊天脚本中的杂散或不可见字符可能会导致意外故障。始终使用 UNIX 行结尾在纯文本编辑器中编辑。中止条件很严格：任何匹配的中止字符串都会立即使脚本停止。在实验过程中，请考虑用注释排除中止以避免过早退出。

5.7 PPP 选项

通过向对等文件添加 `debug` 和 `nodetach`，可在故障排除期间启用完整日志记录。要确保操作顺畅，请将 PPP 配置为使用 `usepeerdns` 和 `defaultroute`，自动设置 DNS 和路由。

可以通过禁用未使用的协议来简化协商过程，从而减少延迟。可禁用的协议包括如下：

- `noipv6`
- `nobsdcomp`
- `nodeflate`
- `novj`

有关可用选项的完整说明，请参见 [PPP daemon 文档](#)。

5.8 信号强度和天线设置

AT+CSQ 按以下格式报告接收的信号强度和误码率：

+CSQ: <RSSI>,<BER>

RSSI 是接收信号强度指示，有效的 RSSI 值为 0 至 31，值较高表示信号较强。值 99 表示无信号。RSSI 目标值至少为 15。BER 是误码率，在这种情况下通常可以忽略。

调制解调器的物理位置会显著影响信号。如果信号强度保持在 10 以下，请尝试在窗口附近移动测试装置。如果这无法改善信号，请尝试将测试装置移动到靠近蜂窝基站的位置。

频段锁定可以通过强制调制解调器保持在首选频段上而不是在较弱频段之间跳频，进一步提高连接稳定性。要检查设备当前使用的频段，请执行 AT+QNWINFO 命令，该命令会显示网络信息，例如所选的接入技术、运营商和所选频段。用于锁定频段的命令如下：

- 锁定到频段：AT+QCFG=BAND,0,<mask>,0
 - 要撤消锁定并恢复所有频段：AT+QCFG=BAND,0,0,0
- 进行更改后复位调制解调器：AT+CFUN=1,1

如果此操作失败，另一种方法是将 RAT/频段恢复为出厂设置并将调制解调器设置为全自动模式：

- 自动模式 (LTE-M + NB-IoT + GSM 回退)：AT+QCFG=nwscanmode,0,1
- 按以下顺序尝试 RAT -> 首先是 Cat-M/LTE-M，其次是 GSM，然后是 NB-IoT：
AT+QCFG=nwscanseq,020301,1
- 在 CAT-M 和 NB-IoT 之间自动选择：AT+QCFG=iotopmode,2,1
- 启用所有频段：AT+QCFG=BAND,0,0,0

始终确保天线已连接。如果 RSSI 持续显示低值，请尝试更改天线放置和方向。

5.9 调制解调器复位

如果调制解调器始终无法注册到网络或失去响应，则可能需要复位。需要复位的条件包括如下：

- 几分钟后仍未注册 (AT+COPS? 和 AT+CREG? 从不表示成功)。
- 即使在完成整个网络扫描后也无法注册 (AT+COPS=?)。
- 连续报告无信号 (AT+CSQ = 99,99 或 AT+QNWINFO = 无服务)。
- PPP 会话结束后，对 AT 命令完全无响应。

重置选项包括如下：

- AT 命令复位：AT+CFUN=1,1
- 例如，通过 GPIO 切换实现硬件复位
 - gpioset --mode=exit \$(gpiofind MIKROBUS_GPIO1_12)=0
 - gpioset --mode=exit \$(gpiofind MIKROBUS_GPIO1_12)=1

6 总结

在蜂窝调制解调器上通过 PPP 建立网关连接提供了一种简单而可靠的方法，可以在无法实现有线连接时使远程设备与互联网通信。TI 处理器（例如 AM625）可以通过 UART 或 USB 与调制解调器连接，并且在 Linux PPP 支持的情况下，一旦连接处于活跃状态，调制解调器就会被视为标准网络接口。

通过将借助 AT 命令进行的调制解调器初始化与借助 pppd 进行的会话管理相结合，系统将创建一个从基于 IP 的应用到蜂窝网络的透明桥接器。这种方法广泛适用于从电动汽车充电基础设施到大楼自动化等市场，在这些市场中，可靠的远程管理连接至关重要。

7 参考资料

1. BeagleBoard , [连接 WiFi](#) , 论坛。
2. Quectel , [Quectel_BG95&BG77&BG600L_Series_AT_Commands_Manual_V2.0](#) , 手册。
3. BeagleBoard , [通过 PPP 使用蜂窝调制解调器建立网络网关](#) , 博客。
4. Onomondo , [AT+COPS : 模式、参数和示例](#) , 博客。
5. Onomondo , [+CREG、+CGREG 和 +CEREG](#) , 博客。
6. Linux , [stty\(1\)- Linux 手册页面](#) , 网页。
7. Samba , <https://ppp.samba.org/pppd.html> , 网页。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#))、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月