



摘要

TI 动态多协议解决方案允许多个无线协议使用单个无线电并行运行，同时处理当多个协议在同一时间段内申请访问无线电时发生的任何时序冲突。为了解理解并行运行多个协议对系统性能的影响，务必了解调度程序是如何做出决策的。在任何多协议解决方案中，需要考察的一些关键问题如下：

- 当发生时序冲突且多个协议需要无线电时会发生什么？
- 并发操作将如何影响端到端的可靠性和延迟？
- 考虑到时序冲突，协议的最大吞吐量将受到怎样的影响？该如何优化吞吐量性能呢？
- 如何配置调度程序以与我的用例相符？

以下各节介绍了 TI DMM 实现所特定的这些关键问题，这一实现已在基于 IEEE 802.15.4 的协议、Zigbee 以及与低功耗 Bluetooth® 并行运行的 TI 15.4 的各种网络配置中进行了广泛测试和验证。

内容

1 引言.....	2
2 背景.....	2
3 可靠性和性能验证.....	4
4 针对用户用例优化 DMM 调度程序.....	8
5 重新生成 PER 结果.....	8

商标

SimpleLink™ and LaunchPad™ are trademarks of Texas Instruments.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG.

Arm® is a registered trademark of Arm Limited.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

Zigbee® is a registered trademark of Zigbee Alliance.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

德州仪器 (TI) 的 SimpleLink™ 平台提供更广泛且与众不同的有线和无线 Arm® MCU 产品系列，这些产品采用以太网、低功耗蓝牙、Wi-Fi®、Sub-1GHz、IEEE 802.15.4、Zigbee® 以及 Thread。所有这些都集中在一个强大且易于理解的 SimpleLink CC13x2 和 CC26x2 软件开发套件 (SDK) 中，该套件具有 100% 的应用代码可移植性，并包含模块化开发套件和基于云的工具。SimpleLink 平台的灵活性有助于制造商快速开发和无缝重用资源，从而扩展其联网产品系列。

连接解决方案仍在楼宇安防和 HVAC 系统等应用中广泛用于感测和监控。这些行业的一个增长趋势是，通过充分利用不同无线标准的独特优势（即，用于智能手机连接的 BLE、用于网状网络的 Zigbee®、用于远距离和低功耗应用的 Sub-1GHz），使用多种无线技术来增强和扩展应用。Texas Instruments™ 的 SimpleLink™ 平台具有支持这些应用的硬件以及被称为动态多协议管理器 (DMM) 的软件模块。

动态多协议管理器支持多个无线堆栈共存和并发运行。它充当多个堆栈和共享射频核心资源之间的仲裁器。DMM 支持的德州仪器 (TI) 单芯片、多标准解决方案不仅具有成本效益，而且简化了多协议设计。如果没有 DMM，则支持两种无线协议需要双芯片设计，这会增加电路板尺寸和设计人员的成本。另外，单个芯片无法同时运行两种协议，并且，每次需要在两种协议之间切换时，都必须引导加载新的固件映像。借助兼容的 SimpleLink 器件，用户可利用单个无线 MCU 并支持多种不同的无线标准。通过 SDK 中提供的应用示例以及 SimpleLink Academy，可进一步简化 DMM 的入门过程，而 SimpleLink Academy 可提供全面的交互式学习体验，内容涵盖从基本示例到高级主题的所有开发阶段。

## 2 背景

### 当发生时序冲突且多个协议需要无线电时会发生什么？

假设两个堆栈并行运行，当两个协议同时申请访问无线电时，不可避免会发生时序冲突。为了解决冲突，必须定义一种方法来指示在这种情况下哪个协议栈将获得访问无线电的权限。虽然许多并发多协议解决方案依赖于固定优先级的实施方案（其中，一个堆栈的优先级总是高于另一个堆栈），但 TI DMM 解决方案具有高度可定制性，让开发人员能够根据系统的任意状态设置优先级。这种定制包括根据应用程序的状态或协议栈的状态动态更改优先级的能力。根据这些信息，对于任何给定的冲突，会发生以下三种情况。请注意，图 2-1 至图 2-3 中所示的命令通常表示一个传送和接收对，为简单起见将它们结合在了一起。

### 遭拒绝的命令

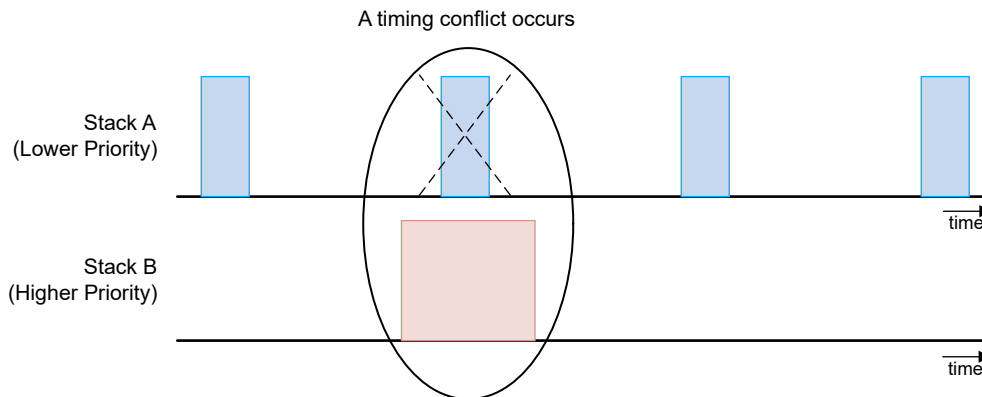


图 2-1. 遭拒绝的射频数据包

在图 2-1 中，堆栈 A 以较短的定期间隔发送数据包，这是低功耗蓝牙的典型使用情况，其中数据以预先配置的连接间隔进行交换，而堆栈 B 以较大的间隔发送周期性流量。在上面的第二个数据包上，当堆栈 A 需要无线电时，堆栈 B 已经在传送，这造成了时序冲突。因为给堆栈 B 安排的优先级更高，所以它会继续传送而不会中断，但堆栈 A 的射频命令会遭拒绝。在低功耗蓝牙的情况下，这意味着任何低功耗蓝牙数据都将作为以下连接事件的一部分进行交换。如果像 Zigbee 这样的协议出现这种情况：可以通过 MAC、网络级别或应用级别重试来重新安排数据包。许多协议都具有用于蓝牙和 Zigbee 的重试逻辑，可防止网络不稳定导致的数据丢失。虽然这种逻辑并不特定于 DMM 用例，但它可用于在发生时序冲突时确保数据的端到端可靠性。

### 中止的命令

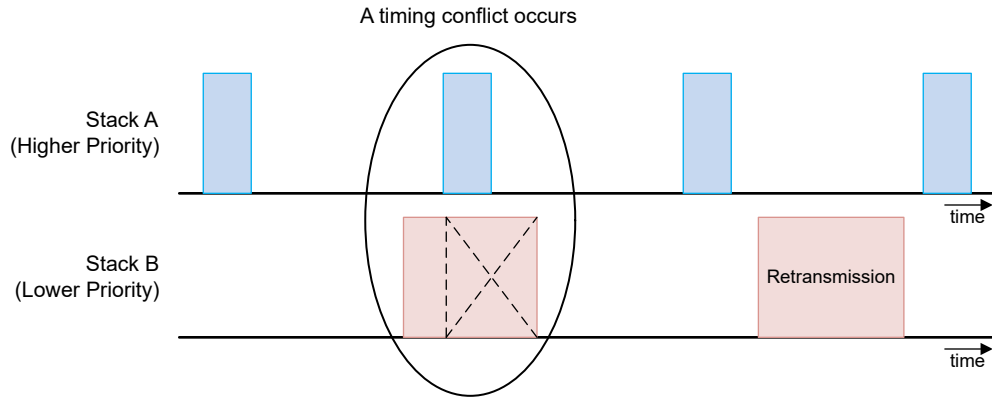


图 2-2. 中止的射频数据包

在图 2-2 中，与前一个映像相比，数据包的优先级在堆栈 A 和堆栈 B 之间切换。这意味着，当发生时序冲突时，堆栈 B 当前传送的优先级低于堆栈 A 的已安排命令，这导致堆栈 B 的命令被中止，以支持堆栈 A 访问无线电。然后，堆栈 B 重新传送失败的数据包，最终成功传送。

### 延迟的命令

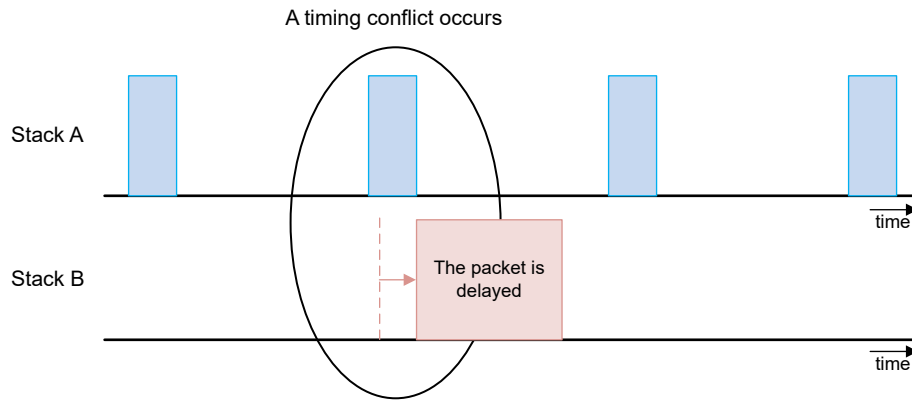


图 2-3. 可延迟的数据包

在图 2-3 中，堆栈 A 和堆栈 B 在同一时间段申请访问无线电。假设堆栈 A 是一个时序关键型数据包，这是典型的低功耗蓝牙使用情况，而堆栈 B 并非时序关键型，这意味着数据包会延迟，且不会对堆栈造成影响。在这种情况下，DMM 调度程序可以延迟堆栈 B 数据包，以避免时序冲突。这个用例的一个例子是异步射频协议，其中收集器让其接收器始终保持打开。在这种情况下，传感器节点可以随时发送数据包。

### 3 可靠性和性能验证

为了让以下各节所示结果获得很高的可信度，我们从于 2019 年和 2020 年发布的多个 SimpleLink CC13x2 和 CC26x2 SDK 中收集了大量数据并进行了分析。虽然没有针对每个版本测试完整的数据样本，但执行了测试子集，以确保与描述的结果一致。

#### 并发操作将如何影响端到端的可靠性和延迟？

更常见的 DMM 用例包括与基于 IEEE 802.15.4 的协议并行运行的蓝牙。在这种情况下，蓝牙通过支持与手机或平板电脑的连接来提供易用性。同时，802.15.4 网络提供低功耗远距离通信，并在使用 Zigbee 的情况下提供网状网络。虽然 TI DMM 解决方案不限于这些协议，但它们已用于验证各种网络配置的系统性能，包括但不限于以下各项：

- 不同的数据包间隔
  - 允许的低功耗蓝牙连接间隔介于 7.5 ms 和 4000 ms 之间 ( [7.5 ms、30 ms、50 ms、100 ms、130 ms] , [200 ms-2000 ms, 步长为 100 ms] , [2000-4000 ms, 步长为 500 ms] )
  - IEEE 802.15.4 数据包间隔  $\geq 250$  ms
- 不同的连接数量
  - 注意：可支持的低功耗蓝牙连接的数量取决于解决方案的流量标准。虽然 TI DMM 的性能已通过多达 4 个连接进行了验证 ( 如图 3-1 所示 ) ，但这不是对系统的限制，而是作为分析的基准。
- 影响传输长度的不同数据速率
  - 对于 IEEE 802.15.4 网络：5 kbps、50 kbps 和 200 kbps ，工作频率为 Sub-1 GHz ；以及 250 kbps ，工作频段为 2.4 GHz
  - 所有蓝牙 5.0 PHY 速率
- 多种 IEEE 802.15.4 操作模式，包括非信标 ( 由 Zigbee 协议栈使用 ) 、信标和跳频 ( 频率为 Sub-1 GHz )

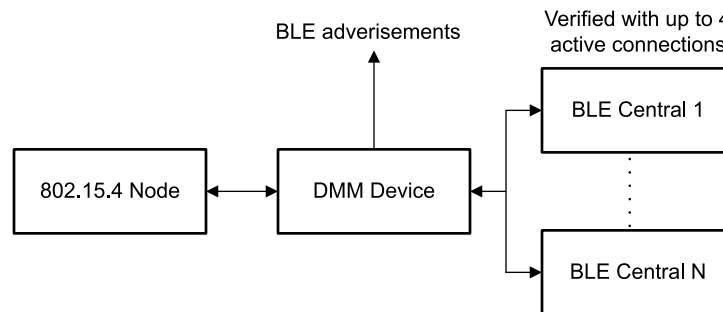


图 3-1. 动态多协议测试设置

如前所述，时序冲突是不可避免的；然而，可以通过延迟非时间关键型数据包并在之前未使用的广播时间内重新安排未获成功的数据包，最大限度地降低这些时序冲突对系统性能的影响。在典型的用例下，在多协议系统中，两个协议上都存在周期性流量；并且，由于低功耗网络协议的性质，要么将有大量时间花在睡眠上以减少功耗，要么在低功耗网络中的路由器等设备始终处于运行状态的情况下，将有大量时间用于监听数据包。这个以前未使用的时间段现在可以通过 MAC、网络层或应用级重试来有效地重新调整用途，以确保系统内的端到端可靠性。许多协议 ( 如低功耗蓝牙和 Zigbee ) 已经具备重试逻辑，以防止网络不稳定导致的数据丢失。此逻辑用于 TI DMM 系统中。观测结果显示，低功耗蓝牙消息和基于 IEEE 802.15.4 的应用流量的端到端可靠性均为 100% ( 请参阅图 3-2 ) 。

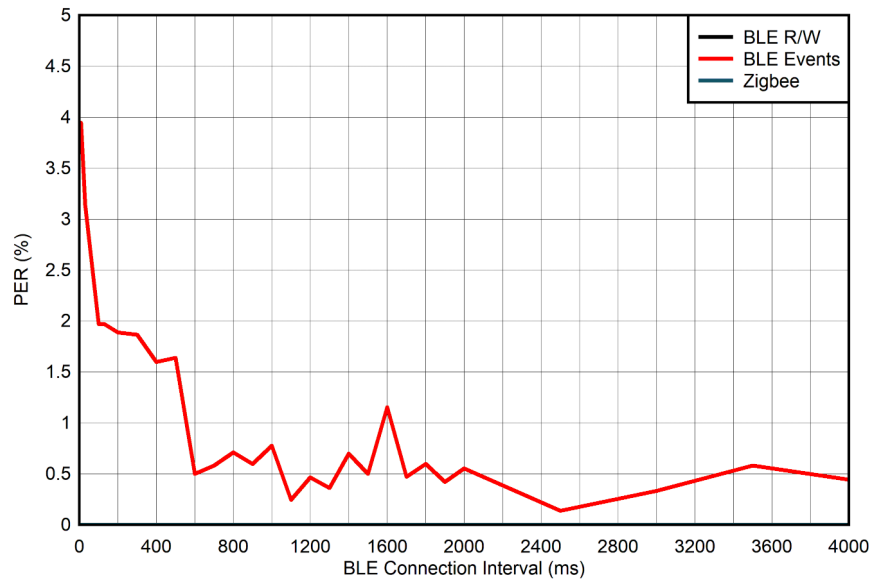


图 3-2. DMM Zigbee 终端设备 + 低功耗蓝牙外设的 PER 性能

需要注意的是，虽然重试可能会解决运行多协议系统时的数据包丢失问题，但它们也会引入（潜在的）端到端延迟，具体取决于为获得成功而重试数据包的次数。无论导致数据包丢失的原因是什么，这种延迟增加都是相同的，而并非使用 TI DMM 时特有的。在大多数用例中，端到端延迟的潜在增加将会非常小，只会出现在使用优先级较低的射频命令时，可以对这些命令进行配置以符合设计要求。

图 3-2 展示了此类情况。该设置包括 TI DMM Zigbee 开关 + 蓝牙外设、Zigbee 照明以及蓝牙中心。TI DMM 器件以 1 秒的定期间隔向距离为 1 跳的 Zigbee 照明发送 48 字节的照明切换。作为对来自开关的照明切换的响应，此照明以 45 字节的应用级确认进行响应，从而生成双向流量。同时，TI DMM 器件通过每 1.25 秒从蓝牙中心进行一次 GATT 读写来保持蓝牙连接，并安排每 100 ms 进行一次广播。MAC 和网络重试均已启用，但未启用应用级重试。由于蓝牙和 Zigbee 上的流量是一致的，用户可能认为发生了许多时序冲突，导致低优先级蓝牙数据包发生数据丢失或延迟增加。实际上：

- 对于 Zigbee 照明切换和蓝牙 GATT 消息，在露天环境中，在 30 分钟内测量的端到端可靠性均为 100% (0% PER)。
- 与独立 Zigbee 器件相比，优先级较高的照明切换的延迟并没有增加。
- 因为事件错误率（衡量蓝牙上导致潜在延迟消息的时序冲突的比率）平均约为 1%，所以低优先级蓝牙读写延迟的增加可以忽略不计。

请注意，在一些 DMM 示例中，根据选择的重试次数或在网络流量繁重的条件下运行时（例如，在 IEEE 802.15.4 协议上以 5 kbps 数据速率传输时，较短的数据包间隔导致传输时间更长），PER 级别仍可能会低。

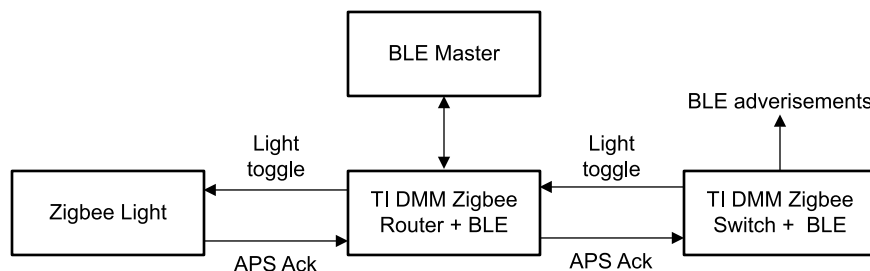


图 3-3. TI DMM 路由器 PER 测试设置

图 3-3 中的测试设置是图 3-1 中所示测试设置的变体，用于验证 TI DMM 器件在网状网络中的两个节点之间路由数据包的能力。该网络包括一个 TI DMM Zigbee 开关，用于向网络上距离为 2 跳的 Zigbee 照明发送 48 字节的照明切换消息。安排每 250 ms 到 500 ms 随机进行一次切换，并且，该器件还会每 100 ms 执行一次并发低功耗蓝牙广播。作为对来自开关的照明切换消息的响应，照明以 45 字节的应用级确认进行响应，从而生成双向流量。TI



DMM Zigbee 路由器在 Zigbee 网络中的两个其他节点之间转发消息，同时通过每 1.25s 从蓝牙中心进行一次 GATT 读写来保持低功耗蓝牙连接。MAC 和网络重试均已启用，但未启用应用级重试。对于 Zigbee 照明切换和低功耗蓝牙 GATT 消息，在露天环境中，在 30 分钟内测量的端到端可靠性均为 100%。

### 考虑到时序冲突，堆栈的最大吞吐量将受到怎样的影响？该如何优化吞吐量性能呢？

任何多协议解决方案都有一个固有限制，即系统中每个单独堆栈占用的时间必须小于无线电的 100% 利用率，并且该协议在多协议系统中的性能不可能比在单个协议系统中观察到的性能更高。由于这一限制，可以基于网络流量估计系统内的吞吐量性能。在露天环境中，使用图 3-1 所示的简化版测试设置，在 IEEE 802.15.4 网络上发送周期性流量的同时，捕获了低功耗蓝牙的一对一吞吐量性能。为了实现最大吞吐量，在建立连接后禁用了低功耗蓝牙广播。然后将捕获的数据与得出的模型进行比较，以根据无线电利用率总计必须达到 100% 这一限制来估计系统性能。结果显示了模型的准确性，无论前一节中提到的配置发生了多么大的变化，测量结果和估计结果之间的平均差异均小于 2%。有关如何使用此实验模型评估系统性能的更多信息，请参阅 DMM 用户指南的系统性能和限制部分。

图 3-4 使用该模型显示单协议系统中的可实现吞吐量（相对于最大可实现吞吐量），100% 性能相当于在此类系统中观察到的性能。预期吞吐量与蓝牙连接间隔对应，蓝牙连接间隔定义为已安排的保持活动事件之间的定期间隔。黑线指的是静态优先级系统，在这种情况下，蓝牙的优先级始终高于 802.15.4 堆栈。红线指的是 TI DMM 解决方案，它利用动态优先级在运行时根据协议栈的当前状态修改蓝牙命令的优先级。请注意，TI DMM 解决方案造成的开销对于系统性能而言可以忽略不计，并且给定堆栈的瞬时吞吐量在 DMM 系统内不会发生时序冲突的任何时间段内都不会受到影响。

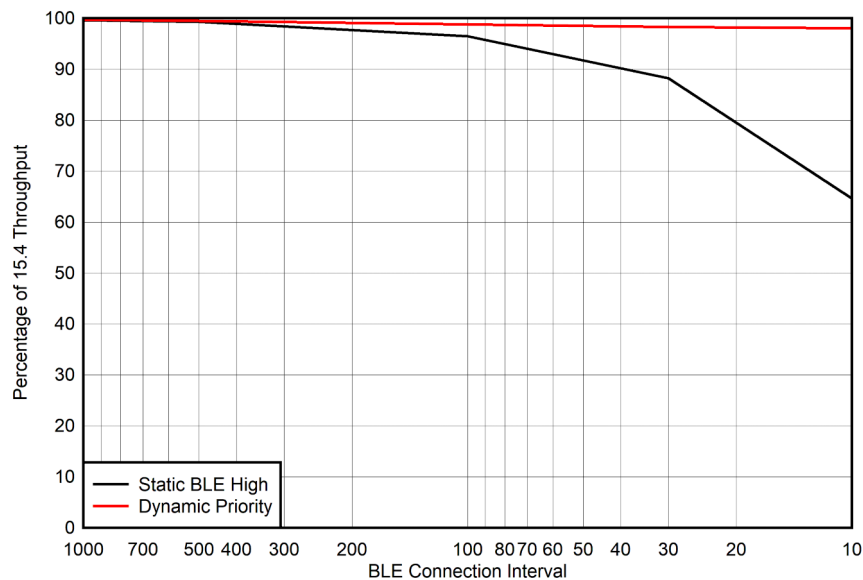


图 3-4. 动态优先级的吞吐量优势

如前所述，许多多协议解决方案具有静态优先级系统，其中一个堆栈总是胜过另一个。这可能会对多协议解决方案中的吞吐量性能造成严重影响。例如，考虑一个多协议系统，其中将低功耗蓝牙外设设为高优先级，而将 Zigbee 终端设备设为低优先级。如果低功耗蓝牙链路上的吞吐量过大，Zigbee 终端设备将几乎无法使用无线电，导致在低功耗蓝牙流量完成之前无法发送或接收数据。TI DMM 解决方案可以通过两种方式避免此问题：开箱即用优先级设置和动态优先级。

在 TI DMM 蓝牙外设 + Zigbee 终端设备开箱即用示例中，默认将蓝牙设置为具有比 Zigbee 数据更低的优先级。这意味着，虽然蓝牙正占用着大量的无线电带宽，但 Zigbee 数据包仍然能够使用无线电并在网络上保持运行。然而，当 Zigbee 链路承受更大吞吐量而导致低功耗蓝牙耗尽时，这难道不会在相反方向产生问题吗？这就是动态优先级的意义所在。为了支持高吞吐量，低功耗蓝牙堆栈能够在给定时间段过后动态地提高其连接事件的优先级，而不会发生成功事件。这可以防止监控超时，即蓝牙连接在预先协商的时间段过后终止，而不发生成功事件。这使得连接和端到端可靠性得以保持，同时也大大提高了 Zigbee 链路的吞吐量。图 3-4 展示了 TI DMM 解决方案和

静态优先级系统在这种情况下的吞吐量差异。虽然吞吐量会随低功耗蓝牙事件的频率增加而降低，但动态优先级可以缓解这种降低趋势，从而提高系统的整体性能。

务必记住，TI DMM 解决方案中用于估算吞吐量的模型是推导出来的，与给定系统中运行的协议栈无关。接着使用与蓝牙并行运行的 IEEE 802.15.4 网络对其进行了验证，除了证明 TI DMM 解决方案内的性能符合理论限制外，还展示了该模型在大概 800 个数据点上的准确性。因此，该模型可以应用于协议栈的任何组合，以可靠地预测给定流量标准下的预期系统性能。

有关如何估计 TI DMM 解决方案中的吞吐量或 DMM 总体性能的更多信息，请参阅 [DMM 用户指南](#) 的 [系统性能和限制](#) 部分。

## 4 针对用户用例优化 DMM 调度程序

### 如何配置调度程序以与我的用例相符？

TI 发布了蓝牙与 EasyLink、TI 15.4 和 ZigBee 并行运行的开箱即用示例。其中的每个示例都对性能进行了优化，蓝牙在默认情况下设为具有较低优先级，并根据需要使用动态优先级来提高特定于堆栈的活动的优先级。默认情况下选择蓝牙作为较低优先级的原因是，假定蓝牙的定期间隔比并行运行的协议的定期间隔短。这意味着，并行协议运行时缺少的事件对性能的影响不太显著，还可以最大限度地减少协议并行运行时所需的重试次数。尽管如此，开箱即用示例可能并不与每个用例匹配，因此 TI 的 DMM 解决方案为客户提供了广泛的工具，以同时在应用级别和堆栈级别利用动态优先级。更多有关如何动态修改给定系统优先级的信息，请参阅 [DMM 用户指南的应用状态和调度策略部分](#)。

## 5 重新生成 PER 结果

作为按季度发布的 SimpleLink CC13x2 和 CC26x2 SDK 的一部分，DMM 示例支持使用工程定义来测量 PER。若要构建这些示例，请遵循以下步骤：

1. 使用 PER 工程定义构建 DMM 示例工程
  - a. DMM TI 15.4 示例
    - i. 为所需的 TI 15.4 工程创建工作区：dmm\_154collector\_remote\_display\_app、dmm\_154sensor\_remote\_display\_app、收集器、传感器或相应的 2.4 Ghz 工程变体。
    - ii. 若要更改网络的流量标准，请参阅 TI 15.4 syscfg 模块。关键的可配置项有“模式”、“Phy 类型”、“报告间隔”、“轮询间隔”和“跟踪间隔”。
    - iii. 在 DMM 传感器或独立传感器上，定义 DISPLAY\_PER\_STATS。
  - b. DMM Zigbee 示例
    - i. 为所需的 Zigbee 工程创建工作区：dmm\_zed\_switch\_remote\_display\_app、dmm\_zr\_light\_remote\_display\_app 和 zc\_light
    - ii. 对于 DMM ZED，添加以下定义：PER\_TEST、PER\_TEST\_SEND\_USE\_FINDING\_BINDING、SAMPLEAPP\_PER\_TEST\_SEND\_CMD\_DELAY，并将 SAMPLEAPP\_PER\_TEST\_SEND\_CMD\_DELAY 设置为所需的 zigbee 照明切换间隔（以毫秒为单位）。
    - iii. 对于 DMM ZC，添加以下定义：PER\_TEST、PER\_TEST\_DISABLE\_FINDING\_BINDING、PER\_TEST\_ENABLE\_FWD\_NOTIFICATION
      1. 对于 ZC，确保 DMM zed 无法通过定义 NWK\_MIN\_ROUTER\_CHILDREN=NWK\_MAX\_DEVICES 来选择 ZC 作为其父器件，同时确保路由功能得到验证。
    - iv. 可以使用 Zigbee syscfg 模块修改可配置的“MAC 帧尝试次数”和“NWK 数据重试次数”，以调整 MAC 和网络级别重试次数
2. 使用以下拓扑之一将映像刷写至 TI LaunchPad™ 套件。
  - a. TI 15.4 收集器（DMM 或独立）、TI 15.4 传感器（DMM 或独立）
  - b. ZC 照明、DMM ZED 开关
  - c. ZC 照明、DMM ZR 照明、DMM ZED 开关
3. 根据示例的自述文件设置网络拓扑。此时，当 BLE 处于广播状态时，对于 802.15.4 网络可以观察到 PER。如果需要监控处于活动状态的蓝牙连接的性能，请转至步骤 4。
  - a. 对于 15.4 网络，观察打印到 CUI 状态行“传感器 PER”上的 PER 测量值。打印的值表示故障传感器消息的比率，这些消息按步骤 1.a.i 中由“报告间隔”配置的定期间隔发送。
  - b. 对于 Zigbee 网络，观察打印到 CUI 状态行“PER 测试”的 PER 指标。
    - i. ZED：
      1. 排队：网络层接受的待发送的照明切换发送
      2. 成功：我们收到应用级别确认的照明切换
      3. 失败：排队失败的照明切换
      4. NoAck：我们没有收到 APS 确认的照明切换
    - ii. ZR 指标：



1. 排队：网络层接受的待发送的转发数据包发送
  2. 成功：我们收到 MAC 确认的转发数据包
  3. NoRoute：网络层表示没有到达目的地的路由
  4. NoMAck：对于转发数据包未收到 MAC 确认
  5. 已过期：数据包在 MAC 层过期
- iii. ZC：如果网络设置正确，用户应该会看到红色 LED 按预先配置的间隔切换。
4. 使用蓝牙主机测试映像刷写其他 TI launchpad。预构建的映像可在“ble5stack/hexfiles”目录中作为 SDK 的一部分提供，用于所需的 LaunchPad。
  5. 对于本文中显示的结果，使用了内部自动脚本创建一致的蓝牙流量和监控性能测量值。可以使用 BTool 手动重新创建此过程，以控制 BLE 中心设备。有关如何建立蓝牙连接、设置所需流量标准、读取/写入特性和监控 PER 的说明，请参阅《BTool 用户指南》。
    - a. 建立连接并设置流量标准后，可以使用以下高级命令读取或重置 PER 指标：  
“HCIEXT\_PacketErrorRateCmd”

## 重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司