

了解分组语音网络的延迟

目录

[简介](#)

[基本语音流](#)

[语音压缩如何运行](#)

[延迟限制标准](#)

[延迟源](#)

[编码器 \(处理 \) 延迟](#)

[分组 延迟](#)

[串行延迟](#)

[排队/缓冲延迟](#)

[网络交换延迟](#)

[去抖动延迟](#)

[建立延迟预算](#)

[一跳连接](#)

[带有作为纵排交换机的 C7200 的公共网络上的两跳](#)

[带有 PBX 纵排交换机的公用网络上的两跳连接](#)

[带有 PBX 纵排交换机的私有网络上的两跳连接](#)

[多重压缩循环的作用](#)

[高延迟连接注意事项](#)

[相关信息](#)

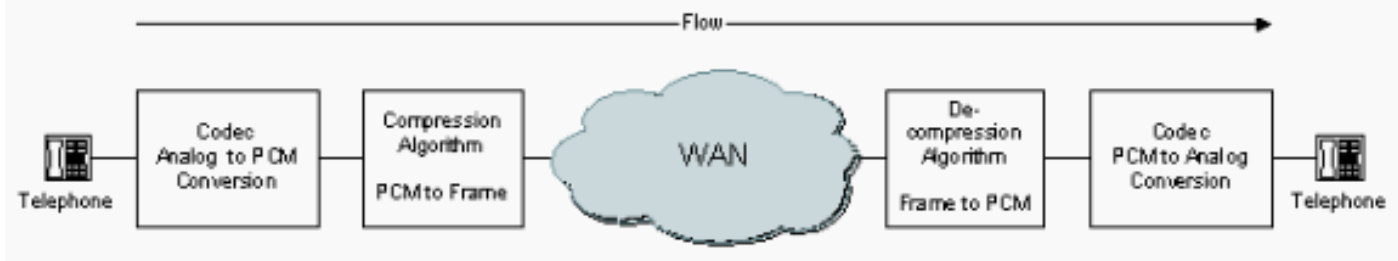
[简介](#)

当您设计通过数据包、帧或信元基础架构传输语音的网络时，了解和考虑网络中的延迟分量十分重要。如果正确考虑所有潜在延迟，则可确保总体网络性能是可接受的。总体语音质量涉及许多因素，包括压缩算法、错误和帧丢失、Echo 消除和延迟。本文说明在数据包网络上使用 Cisco 路由器/网关时的延迟源。尽管示例是针对帧中继的，概念仍然适用于 IP 语音 (VoIP) 网络和 Voice over ATM (VoATM) 网络。

[基本语音流](#)

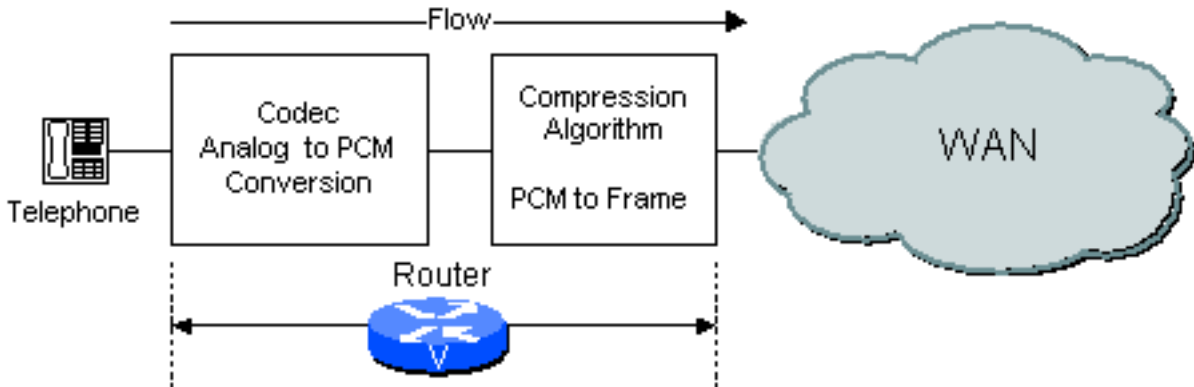
下图显示了压缩语音电路的流向。电话模拟信号由语音编码器-解码器 (编解码器) 数字化为脉冲编码调制 (PCM) 信号。然后 PCM 采样传递给压缩算法，将语音压缩为数据包格式以便通过广域网传输。在云的远端，以相反顺序执行完全相同的上述功能。图 2-1 显示了完整的流向。

图 2-1 端到端语音流向



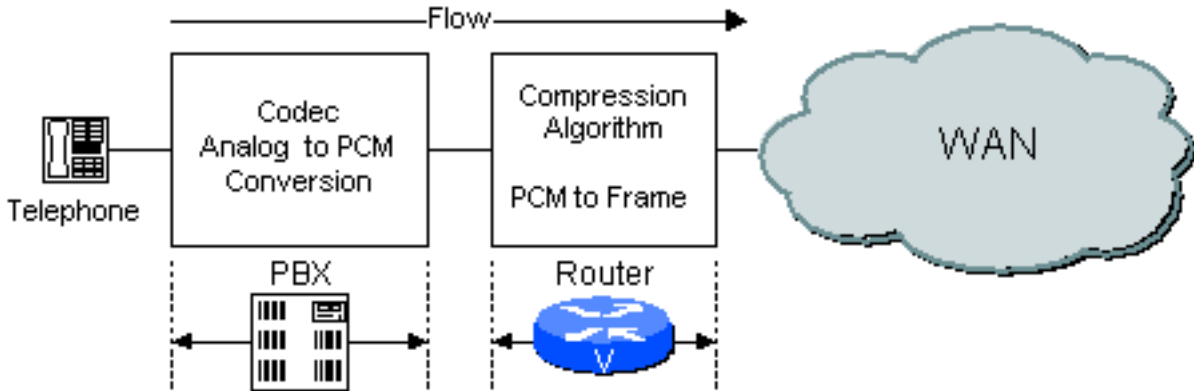
根据网络配置方式，路由器/网关可以执行编解码器和/或压缩功能。例如，如果使用模拟语音系统，则路由器/网关执行 CODEC 功能和压缩功能，如图 2-2 所示。

图 2-2 路由器/网关中的编解码器功能



如果使用数字 PBX，则 PBX 执行编解码器功能，路由器处理由 PBX 传递过来的 PCM 采样。图 2-3 显示了一个示例。

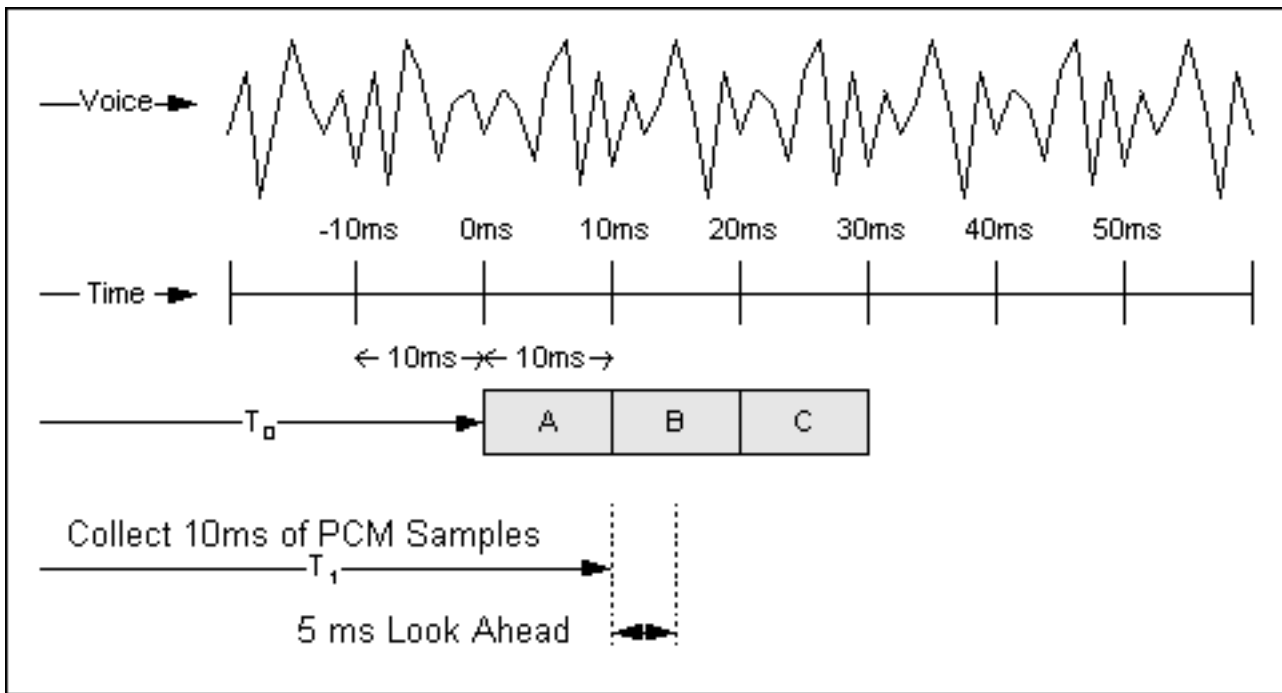
图 2-3 PBX 中的编解码器功能



语音压缩如何运行

Cisco 路由器/网关中使用的高复杂性压缩算法分析语音编解码器传送的 PCM 采样块。这些块的长度取决于编码器。例如，G.729 算法使用的基本块大小是 10 毫秒，G.723.1 算法使用的基本块大小是 30 毫秒。图 3-1 显示了 G.729 压缩系统的工作原理示例。

图 3-1 语音压缩



模拟语音流数字化为 PCM 采样，以 10 毫秒为增量传送给压缩算法。前向分析在“算法延迟”中进行了介绍。

延迟限制标准

国际电信联盟 (ITU) 在建议 G.114 中考虑了语音应用的网络延迟。这项建议定义了三个范围的单向延迟，如表 4.1 所示。

表 4.1 延迟规范

范围 (以毫秒为单位)	说明
0-150	适用于大多数用户应用。
150-400	如果管理员知道传输时间及其对用户应用传输质量的影响，则可接受。
400 以上	对于一般网络规划目的不可接受。不过，在某些特殊情况下，可以超过此限制。

注意： 这些建议适用于对 Echo 充分控制的连接。这意味着使用 Echo 消除器。当单向延迟超过 25 毫秒 (G.131) 时，需要 Echo 取消器。

这些建议是针对国家电信管理提供的。因此，这些建议比通常应用于专用语音网络时更加严格。如果网络设计人员非常了解最终用户的位置和业务需求，可能接受较大延迟。对于专用网络，200 毫秒的延迟是合理目标，而 250 毫秒是上限。所有网络都需要进行工程设计，以便了解并最大程度减小预期的最大语音连接延迟。

延迟源

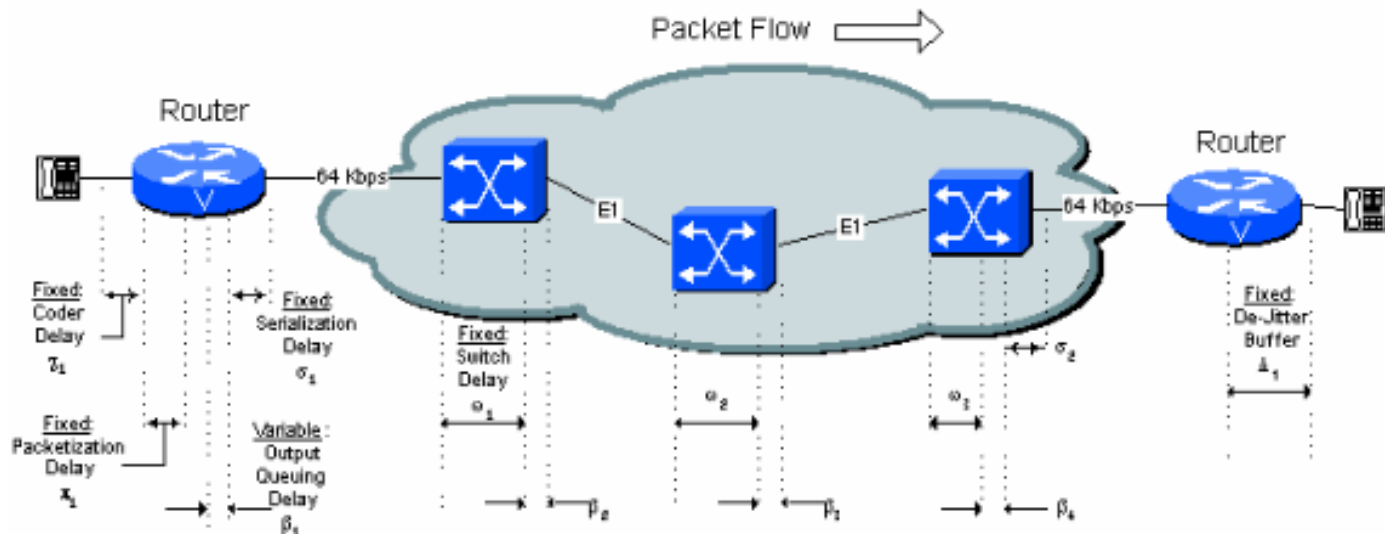
延迟分两种不同的类型，即固定延迟和可变延迟。

- 固定延迟分量直接增加连接的总体延迟。

- 可变延迟源自连接到广域网的串行端口上出口中继缓冲区中的排队延迟。这些缓冲区在网络中形成可变延迟（称为抖动）。可变延迟通过接收路由器/网关中的去抖动缓冲区进行处理。消抖动缓冲区在本文的去抖动延迟(Δ_n)部分描述。

图 5-1 指出了网络中的所有固定和可变延迟源。每种源都在本文档中进行了详细介绍。

图 5-1：延迟源



编码器（处理）延迟

编码器延迟是数字信号处理器 (DSP) 压缩 PCM 采样块所需的时间。这也呼叫处理延迟(χ_n)。此延迟取决于所用的语音编码器和处理器速度。例如，代数码激励线性预测 (ACELP) 算法分析 10 毫秒的 PCM 采样块，然后进行压缩。

根据 DSP 处理器的负载，共轭代数码激励线性预测 (CS-ACELP) 过程的压缩时间范围是从 2.5 毫秒到 10 毫秒。如果 DSP 使用全部四个语音通道载入，则编码器延迟是 10 毫秒。如果 DSP 仅使用一个语音通道载入，则编码器延迟是 2.5 毫秒。在设计时，请使用最长时间，即 10 毫秒。

解压缩时间大致是每个块的压缩时间的百分之十。不过，因为存在多个采样，所以解压缩时间与每帧的采样数成正比。因此，三个采样组成的帧最多需要解压缩时间 3×1 毫秒，即 3 毫秒。通常，G.729 压缩输出的两个或三个块放入一个帧中，G.723.1 压缩输出的一个采样在单个帧中发送。

表 5.1 列出了最小和最大编码器延迟。

表 5.1 最小和最大处理延迟

编码器	速率	所需采样块	最小编码器延迟	最大编码器延迟
ADPCM、G.726	32 Kb ps	10 毫秒	2.5 毫秒	10 毫秒
CS-ACELP、G.729A	8.0 Kb ps	10 毫秒	2.5 毫秒	10 毫秒
MP-MLQ、G.723.1	6.3 Kb ps	30 毫秒	5 毫秒	20 毫秒

MP- ACELP , G.723. 1	5.3 Kb ps	30 毫秒	5 毫秒	20 毫秒
----------------------------	-----------------	-------	------	-------

算法延迟

压缩算法利用已知语音特性正确处理采样块 N。算法必须对块 N+1 中的内容有一定了解才能准确地重新生成采样块 N。此前向分析（实际上是另一种延迟）称为算法延迟。这可有效增加压缩块的长度。

这是反复进行的，即块 N+1 需要块 N+2 的信息，依此类推。实际影响是链路总体延迟增加 5 毫秒。这意味着处理信息块所需的总时间是 10 毫秒，其中 5 毫秒是恒定开销因子。请参阅图 3-1：语音压缩。

- G.726 编码器的算法延迟是 0 毫秒
- G.729 编码器的算法延迟是 5 毫秒。
- G.723.1 编码器的算法延迟是 7.5 毫秒

对于本文档其余部分中的示例，假设使用有效负载为 30 毫秒/30 字节的 G.729 压缩。为便于设计和采取保守方法，本文档其余部分中的表都是假设最大编码器延迟。编码器延迟、解压缩延迟和算法延迟综合起来，称为编码器延迟。

用于生成集中编码器延迟参数的等式为：

等式 1：集中编码器延迟参数

<p>(Worst Case Compression Time Per Block)</p> <p>+</p> <p>(De-Compression Time Per Block)</p> <p>X (Number of Blocks in Frame)</p> <p>+</p> <p>(Algorithmic Delay)</p> <hr style="width: 80%; margin: 0 auto;"/> <p>= "Lumped" Coder Delay Parameter</p>
--

本文档其余部分的 G.729 集中编码器延迟是：

每块的最大压缩时间：10 毫秒

每块的解压缩时间 x 3 块 3 毫秒

算法延迟 5 毫秒-----

总计 (X) 18 毫秒

分组延迟

分组延迟(π_n)是花费的时间用编码的/被压缩语音填充数据包有效负载。这种延迟是声码器所需的采

样块大小和单个帧中放入的块数的函数。打包延迟也可以称为累积延迟，这是因为语音采样在发布前会在缓冲区中累积。

通常情况下，需要尽量使打包延迟不大于 30 毫秒。在 Cisco 路由器/网关中，您需要根据配置的有效负载大小使用表 5.2 中的数字：

表 5.2：常用打包

编码器		有效负载大小 (字节)	打包延迟 (毫秒)	有效负载大小 (字节)	打包延迟 (毫秒)
PCM、G.711	64 kbps	160	20	240	30
ADPCM、G.726	32 Kbps	80	20	120	30
CS-ACELP、G.729	8.0 Kbps	20	20	30	30
MP-MLQ、G.723.1	6.3 Kbps	24	24	60	48
MP-ACELP、G.723.1	5.3 Kbps	20	30	60	60

您必须针对 CPU 负载平衡打包延迟。延迟越低，帧速率越高，CPU 的负载越高。在某些较早的平台上，20 毫秒有效负载可能会使主 CPU 不堪重负。

打包过程中的管道延迟

尽管每个语音采样都会有算法延迟和打包延迟，实际上，这些过程是重叠的，这种管道传输会减少延迟。考虑图 2-1 中的示例。

图 5-2：管道传输和打包

	19. 2	56	64	12 8	25 6	38 4	51 2	76 8	10 24	15 44	2 0 4 8
38	15. 83	5.4 3	4.7 5	2.3 8	1. 19	0. 79	0. 59	0. 40	0. 30	0. 20	0. 1 5
48	20. 00	6.8 6	6.0 0	3.0 0	1. 50	1. 00	0. 75	0. 50	0. 38	0. 25	0. 1 9
64	26. 67	9.1 4	8.0 0	4.0 0	2. 00	1. 33	1. 00	0. 67	0. 50	0. 33	0. 2 5
128	53. 33	18. 29	16. 00	8.0 0	4. 00	2. 67	2. 00	1. 33	1. 00	0. 66	0. 5 0
256	10 6.6 7	36. 57	32. 00	16. 00	8. 00	5. 33	4. 00	2. 67	2. 00	1. 33	1. 0 0
512	21 3.3 3	73. 14	64. 00	32. 00	16 .0 0	10 .6 7	8. 00	5. 33	4. 00	2. 65	2. 0 0
1024	42 6.6 7	14 9.2 9	12 8.0 0	64. 00	32 .0 0	21 .3 3	16 .0 0	10 .6 7	8. 00	5. 31	4. 0 0
1500	62 5.0 0	21 4.2 9	18 7.5 0	93. 75	46 .8 8	31 .2 5	23 .4 4	15 .6 3	11 .7 2	7. 77	5. 8 6
2048	85 3.3 3	29 2.5 7	25 6.0 0	12 8.0 0	64 .0 0	42 .6 7	32 .0 0	21 .3 3	16 .0 0	10 .6 1	8. 0 0

在表中，在 64 Kbps 线路上，长度为 38 字节（37+1 字节标志）的 CS-ACELP 语音帧的序列化延迟为 4.75 毫秒。

注意：53 字节 ATM 信元的序列化延迟（T1：0.275 毫秒，E1：0.207 毫秒）可以忽略，因为线路速度很高，而信元很小。

排队/缓冲延迟

在构建压缩语音有效负载之后，会添加报头，并且对帧排队以便在网络连接上传输。在路由器/网关中，语音需要绝对优先级。因此，语音帧之前只能是已播放的数据帧，或其他语音帧。实质上，语音帧需要等待输出队列中前面所有帧的序列化延迟。排队延迟(β_n)是可变延迟并且依靠中继速度和队列的状态。排队延迟与一些随机因素关联。

例如，假设在 64 Kbps 线路上，排在一个数据帧（48 字节）和一个语音帧（42 字节）之后。因为播放了 48 字节帧中多少内容存在随机性，所以，可以假设平均播放了一半数据帧。根据序列化表中的数据，数据帧分量是 6 毫秒 * 0.5 = 3 毫秒。如果加上队列前面另一个语音帧的时间（5.25 毫秒），则排队延迟的总时间为 8.25 毫秒。

如何确定排队延迟的特征取决于网络工程师。通常，设计时应考虑最坏的情况，在安装网络后再调整性能。用户可用的语音线路越多，普通语音数据包在队列中等待的可能性就越高。因为优先级结构的关系，语音帧不会在一个以上的数据帧之后等待。

网络交换延迟

与终点位置互联的公共帧中继或 ATM 网络是语音连接的最大延迟源。网络交换延迟(ω_n)也是最难定量。

如果广域连接是由 Cisco 设备或者其他专用网络提供的，则可以确定延迟的各个分量。一般来说，固定分量源自网络内中继的传播延迟，可变延迟源自帧进出中间交换机时的排队延迟。在估计传播延迟时，通常使用的估计值是 10 微秒/英里（即 6 微秒/千米）(G.114)。不过，除此之外，中间复用设备、回程、微波链路和运营商网络中的其他因素也会造成影响。

延迟的另一个重要分量源自广域网排队。在专用网络中，可以度量现有排队延迟或估计广域网内的每跳跃预算。

美国帧中继连接的典型运营商延迟的最大总延迟是 65 毫秒（40 毫秒的固定延迟和 25 毫秒的可变延迟）。为简单起见，在示例 6-1、6-2 和 6-3 中，包含 40 毫秒固定延迟中的所有低速序列化延迟。

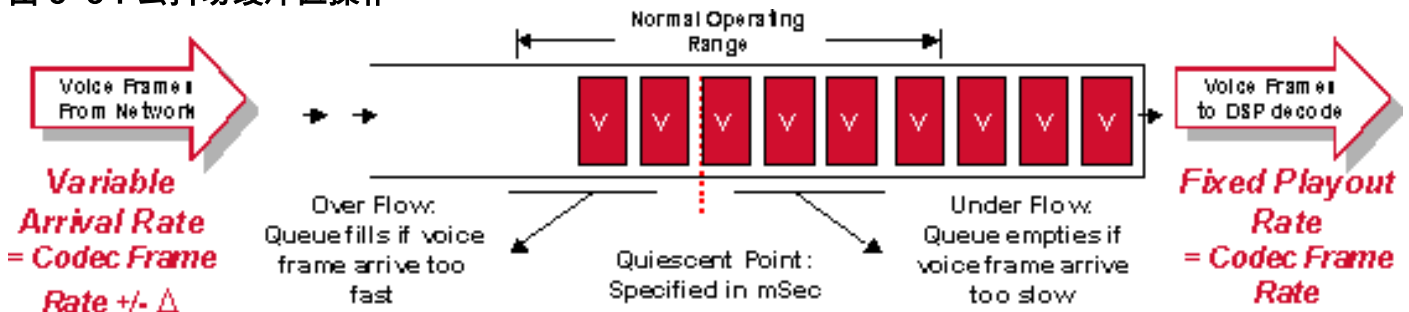
这些是美国帧中继运营商发布的数字，考虑了美国境内所有位置。如果两个位置之间的地理距离不是境内最大距离，延迟性能会更好一些，不过运营商通常只记录最大延迟。

帧中继运营商有时提供优质服务。这些服务通常针对语音或系统网络体系结构 (SNA) 流量，网络延迟有保证，小于标准服务级别。例如，一家美国运营商最近宣布推出这样一种服务，总体延迟上限为 50 毫秒（而不是标准服务的 65 毫秒）。

去抖动延迟

语音是恒定比特率服务，因此，必须在信号离开网络前去掉所有可变延迟中的抖动。在 Cisco 路由器/网关这用在远端的(接收的)路由器/网关的一去抖动(Δ_n)缓冲区完成。去抖动缓冲区将可变延迟转换为固定延迟。该缓冲区在播放接收的第一个采样之前，保持该采样一段时间。此保持时间段称为初始播放延迟。

图 5-3：去抖动缓冲区操作



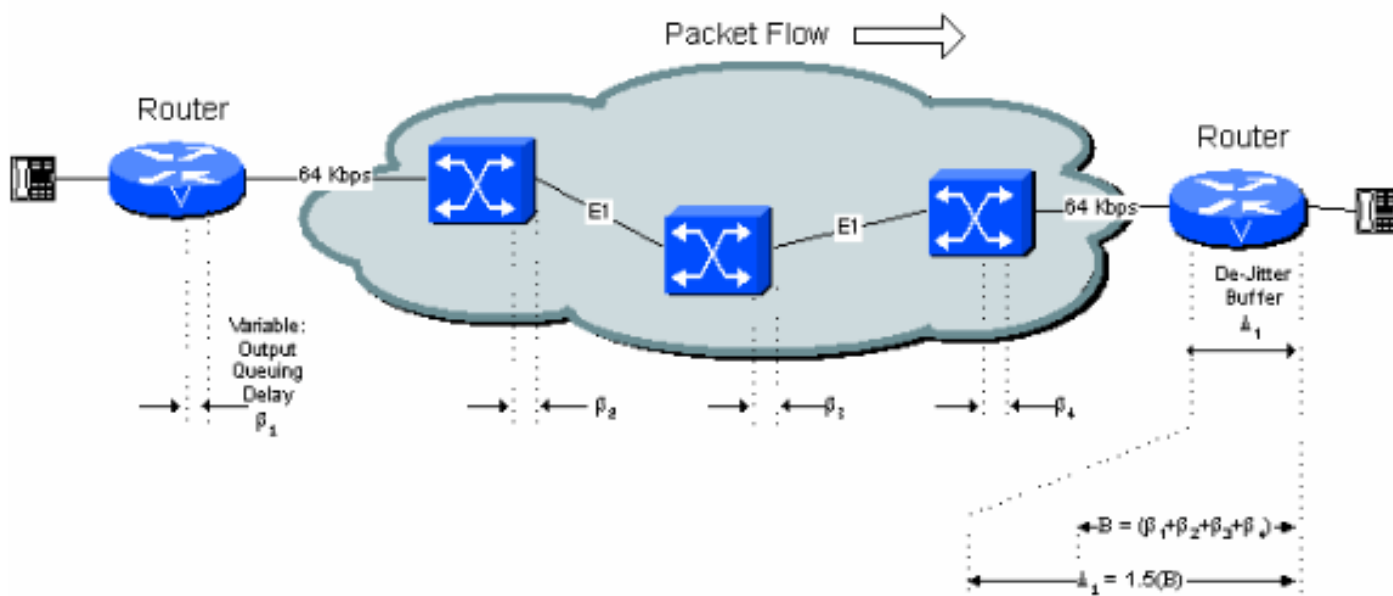
必须正确处理去抖动缓冲区。如果采样的保持时间太短，延迟中的变化可能会导致缓冲区欠载，从而导致语音中出现间隙。如果采样的保持时间太长，则缓冲区可能溢出，丢弃的数据包也会导致语音中出现间隙。最后，如果数据包的保持时间太长，则连接的总体延迟可能会上升到不可接受的水平。

去抖动缓冲区的最佳初始播放延迟等于连接上的总体可变延迟。图 5-4 说明了这一点。

注意：去抖动缓冲区是自适应的，但是最大延迟是固定的。如果配置为自适应缓冲区，则延迟是一个可变的数字。不过，在设计时，可将最大延迟用作最坏情况。

有关自适应缓冲区的详细信息，请参阅 [IP 语音的播放延迟增强](#)。

图 5 -4：可变延迟和去抖动缓冲区



初始播放延迟是可配置的。缓冲区在溢出之前的最大深度通常设置为此值的 1.5 或 2.0 倍。

如果使用 40 毫秒标称延迟设置，则在去抖动缓冲区为空时接收的第一个语音采样会在播出之前保持 40 毫秒。这意味着从网络接收的后续数据包可以有 40 毫秒的延迟（相对于第一个数据包），而不会损失任何语音连续性。如果延迟超过 40 毫秒，则去抖动缓冲区清空，并且接收的下一个数据包会在播出之前保持 40 毫秒以重置缓冲区。这会导致播放的语音中出现大约 40 毫秒的间隙。

去抖动缓冲区对延迟的实际贡献是去抖动缓冲区的初始播放延迟加上第一个数据包在网络中缓冲的实际量。最大是去抖动缓冲区初始延迟的两倍（假设通过网络的第一个数据包仅发生最小缓冲延迟）。实际上，通过很多网络交换跳跃，可能不是最坏情况。本文档其余部分的示例中的计算使初始播放延迟增大 1.5 倍，以便实现这种效果。

注意：在接收路由器/网关中，解压缩功能会产生延迟。不过，如前所述，这种延迟是与压缩处理延迟综合在一起考虑的。

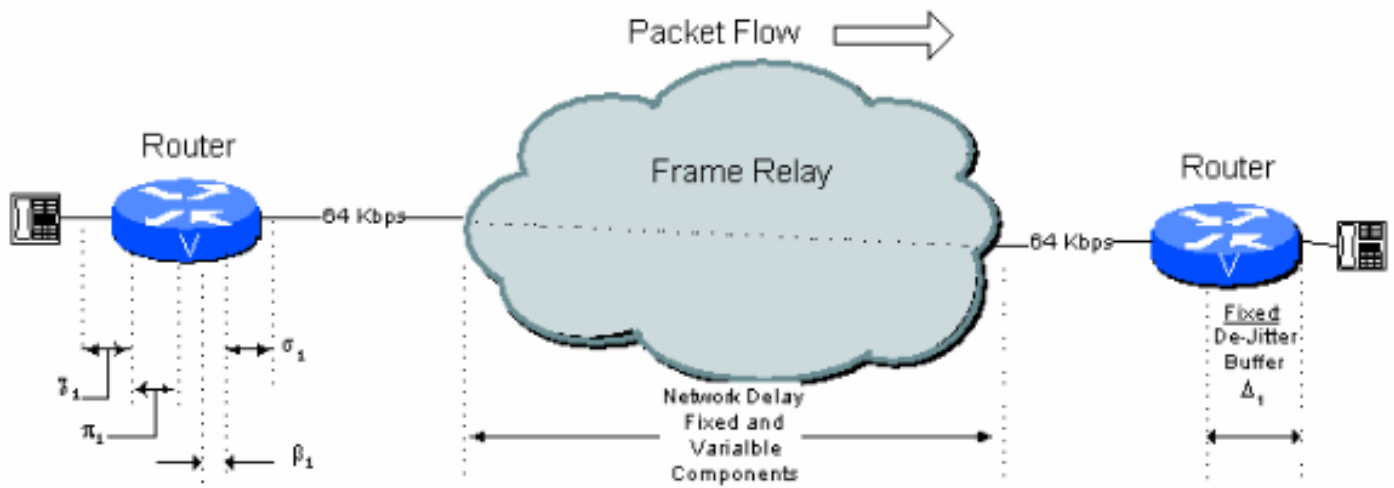
建立延迟预算

对于优质语音连接而言，通常接受的上限为单向 200 毫秒（或以 250 毫秒为上限）。如果延迟大于这个数字，讲话者和接听者会变得不同步，常常造成他们同时讲话，或同时等待对方讲话。这种情况通常称为讲话者交叠。当总体语音质量可接受时，用户有时会发现对话不自然，无法接受。在通过卫星连接的国际电话呼叫中，会出现讲话者交叠（卫星延迟为 500 毫秒等级，其中上行延迟 250 毫秒，下行延迟 250 毫秒）。

这些示例说明各种网络配置和网络设计者需要考虑的延迟。

一跳连接

图 6 - 1：一跳示例连接



在此图中，公共帧中继连接上的典型一跳连接可能具有表 6.1 中显示的延迟预算。

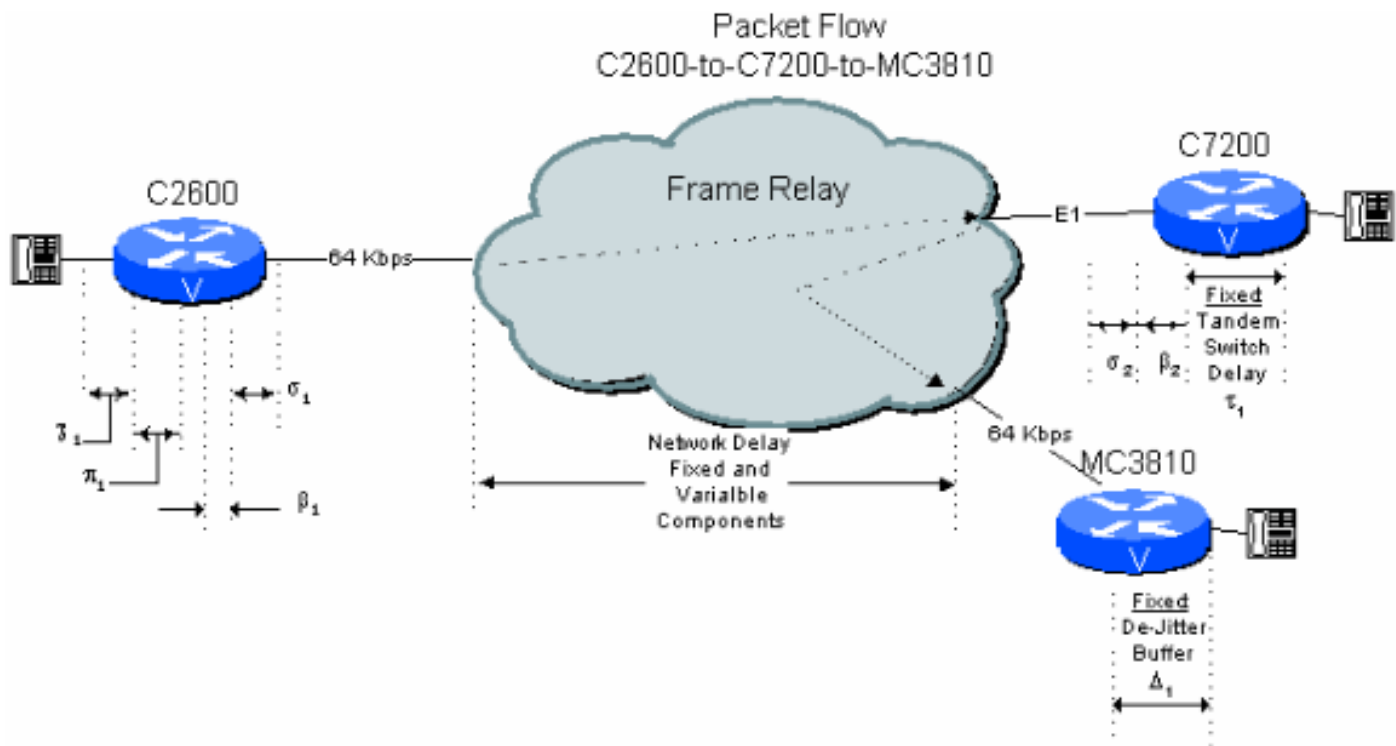
表 6.1：一跳延迟计算

延迟类型	固定 (毫秒)	可变 (毫秒)
编码器延迟, X_1	18	
分组延迟, π_1	30	
排队/缓冲, β_1		8
串行延迟(64 Kbps), σ_1	5	
网络延迟(公共帧), ω_1	40	25
消抖动缓冲区延迟, Δ_1	45	
总计	138	33

注意： 因为去抖动缓冲区计算已计入了排队延迟和网络延迟的可变分量，所以总延迟实际上只是所有固定延迟之和。在这种情况下，总延迟是 138 毫秒。

[带有作为纵排交换机的 C7200 的公共网络上的两跳](#)

图 6 - 2：具有路由器/网关纵排的两跳公共网络示例



现在考虑星型拓扑网络中的分支到分支连接，其中总部站点中的 C7200 将呼叫纵排到目标分支。在这种情况下，信号在通过中央 C7200 时保持压缩格式。相对于下一个示例“具有 PBX 纵排交换机的公共网络上的两跳连接”，这可显著节省延迟预算。

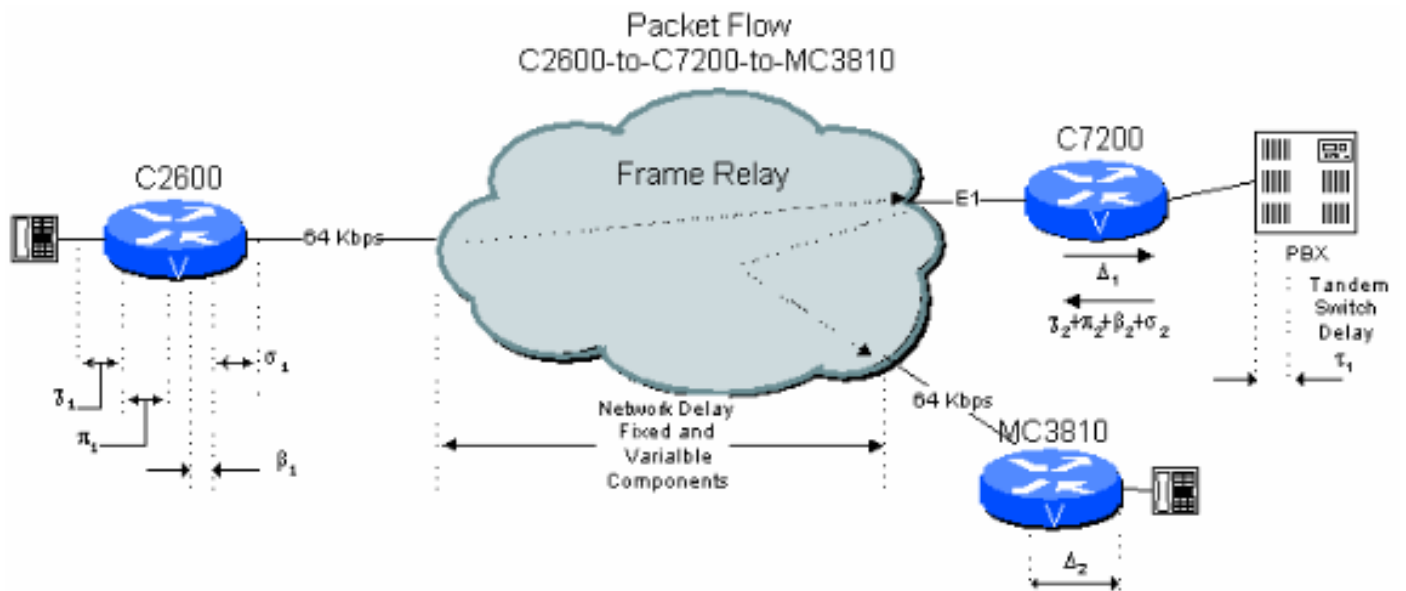
表 6.2：具有路由器/网关纵排的两跳公共网络延迟计算

延迟类型	固定 (毫秒)	可变 (毫秒)
编码器延迟, χ_1	18	
分组延迟, π_1	30	
排队/缓冲, β_1		8
串行延迟(64 Kbps), σ_1	5	
网络延迟(公共帧), ω_1	40	25
MC3810的纵排迪莱, τ_1	1	
排队/缓冲, β_2		0.2
串行延迟(2 Mbps), σ_2	0.1	
网络延迟(公共帧), ω_2	40	25
消抖动缓冲区延迟, Δ_1	75	
总计	209.1	58.2

注意：因为去抖动缓冲区计算已计入了排队延迟和网络延迟的可变量，所以总延迟实际上只是所有固定延迟之和。在这种情况下，总延迟是 209.1 毫秒。

带有 PBX 纵排交换机的公用网络上的两跳连接

图 6-3：具有 PBX 纵排的两跳公共网络示例



考虑分支到总部网络中的分支到分支连接，其中总部站点中的 C7200 将连接直接传递给总部 PBX 进行交换。此处，语音信号必须进行解压缩和去抖动，然后重新压缩和去抖动。与前一个示例相比，这会导致额外的延迟。此外，两个 CS-ACELP 压缩循环会降低语音质量（请参阅“多重压缩循环的影响”）。

表 6.3：具有 PBX 纵排的两跳公共网络延迟计算

延迟类型	固定 (毫秒)	可变 (毫秒)
编码器延迟, X_1	18	
分组延迟, π_1	30	
排队/缓冲, β_1		8
串行延迟(64 Kbps), σ_1	5	
网络延迟(公共帧), ω_1	40	25
消抖动缓冲区延迟, Δ_1		40
编码器延迟, X_2	15	
分组延迟, π_2	30	
排队/缓冲, β_2		0.1
串行延迟(2 Mbps), σ_2	0.1	
网络延迟(公共帧), ω_2	40	25
消抖动缓冲区延迟, Δ_2	40	
总计	258.1	58.1

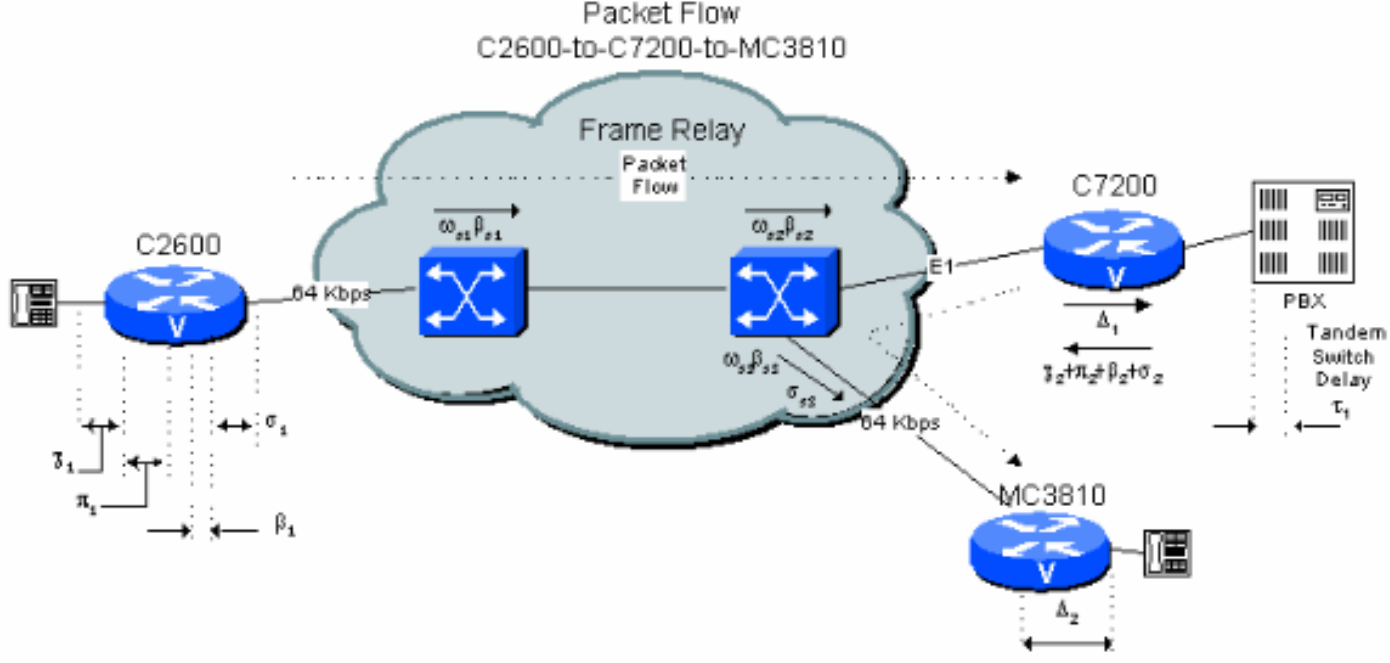
注意： 因为去抖动缓冲区计算已计入了排队延迟和网络延迟的可变量，所以总延迟实际上只是所有固定延迟之和加上去抖动缓冲区延迟。在这种情况下，总延迟是 258.1 毫秒。

如果在中心站点使用 PBX 作为交换机，则会将单向连接延迟从 206 毫秒增加到 255 毫秒。这与单向延迟的 ITU 上限接近。此网络配置类型要求工程师密切注意最小延迟的设计。

针对可变延迟假设最坏情况（尽管公共网络上的两条线路不会同时出现最大延迟）。对可变延迟进行更乐观的假设，并不能在多大程度上改善情况。不过，如果更好地了解运营商的帧中继网络的固定和可变延迟，则可以减少计算的延迟。本地连接（例如省/市/自治区内）的延迟特性会好很多，不过运营商常常不情愿提供延迟上限。

带有 PBX 纵排交换机的私有网络上的两跳连接

图 6-4：具有 PBX 纵排的两跳专用网络示例



示例 4.3 说明的是，如果假设最大延迟，则当分支到分支连接在中心站点中包含 PBX 纵排，并且两端都有公共帧中继网络连接时，很难使计算延迟低于 200 毫秒。不过，如果知道网络拓扑和流量，则可以显著降低计算的数字。这是因为运营商通常提供的数字受广域网的最坏情况传输和排队延迟所限制。在专用网络中建立更加合理的上限会容易得多。

对于交换机之间的传输延迟，普遍接受的数字是 10 微秒/英里的等级。根据设备的情况，帧中继网络中的传输交换延迟为 1 毫秒固定延迟和 5 毫秒可变延迟等级。这些数字取决于设备和流量。如果使用 E1/T1 中继，则每个 Cisco MGX 广域网交换机的总延迟小于 1 毫秒。假设距离 500 英里，每跳 1 毫秒固定延迟和 5 毫秒可变延迟，则延迟计算变为：

表 6.4：具有 PBX 纵排的两跳专用网络延迟计算

延迟类型	固定 (毫秒)	可变 (毫秒)
编码器延迟, X_1	18	
分组延迟, π_1	30	
排队/缓冲, β_1		8
串行延迟(64 Kbps), σ_1	5	
网络延迟(专用帧), $\omega_{S1} + \beta_{S1} + \omega_{S2} + \beta_{S2}$	2	10
消抖动缓冲区延迟, Δ_1	40	
编码器延迟, X_2	15	
分组延迟, π_2	30	

排队/缓冲, β_2		0.1
串行延迟(2 Mbps), σ_2	0.1	
网络延迟(专用帧), $\omega_{S3} + \beta_{S3}$	1	8
串行延迟(64 Kbps), σ_{S3}	5	
消抖动缓冲区延迟, Δ_2	40	
传输/距离延迟 (不中断)	5	
总计	191.1	26.1

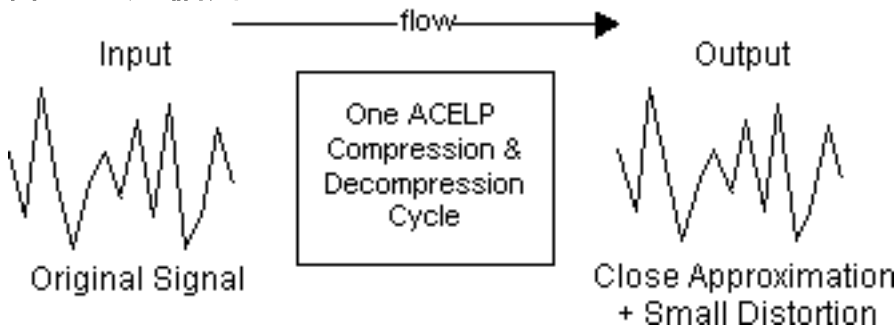
注意： 因为去抖动缓冲区计算已计入了排队延迟和网络延迟的可变分量，所以总延迟只是所有固定延迟之和。在这种情况下，总延迟是 191.1 毫秒。

在专用帧中继网络上运行时，可以通过集线器站点的 PBX 进行分支到分支连接并保持在 200 毫秒数字内。

多重压缩循环的作用

CS-ACELP 压缩算法是不确定的。这意味着输入数据流与输出数据流不完全相同。每个压缩循环都会引入少量失真，如图 7-1 所示。

图 7-1：压缩影响



因此，多个 CS-ACELP 压缩周期会迅速造成显著失真。这种附加失真效果不按照自适应差分脉冲编码调制 (ADPCM) 算法进行发音。

这种特性的影响在于，除了延迟效果之外，网络设计者还必须考虑路径中的 CS-ACELP 压缩循环数。

语音质量是主观的。大多数用户发现两个压缩循环仍可实现足够好的语音质量。再增加一个压缩循环通常会使质量明显下降，这对于某些用户是不可接受的。通常，网络设计者需要将路径中的 CS-ACELP 压缩循环数限制为两个。如果必须使用更多循环，请先让客户听一下语音效果。

前面的示例说明了以下情况，当分支到分支连接通过总部站点的 PBX 进行纵排交换（以 PCM 形式）时，产生的延迟显著多于在总部 C7200 中进行纵排交换的延迟。很明显，如果使用 PBX 进行交换，路径中有两个 CS-ACELP 压缩循环，如果使用中央 C7200 交换帧语音，只有一个循环。使用 C7200 进行交换的示例 (4.2) 的语音质量较好，尽管可能存在需要在路径中包括 PBX 的其他原因（如呼叫计划管理）。

如果通过中央 PBX 进行分支到分支连接，并且呼叫从第二个分支通过公共语音网络到达移动电话网络，则路径中有三个 CS-ACELP 压缩循环，延迟也明显更高。在这种情况下，质量受到显著影响。

同样，网络设计者必须考虑最坏情况的呼叫路径，确定该路径对于用户网络、期望和业务要求是否可接受。

[高延迟连接注意事项](#)

设计超过 ITU 普遍接受的 150 毫秒单向延迟上限的数据包语音网络是相对容易的。

设计数据包语音网络时，工程师需要考虑使用这类连接的频率、用户有何需求以及涉及的业务活动类型。在特定情况下，这类连接通常不可接受。

如果帧中继连接不跨越较大距离，则网络的延迟性能很可能好于示例中的性能。

如果纵排路由器/网关连接的总延迟太大，替代方案通常是在终端 MC3810 之间直接配置额外的永久虚电路 (PVC)。这会增加网络周期性成本，因为运营商通常对每个 PVC 收费，不过，在某些情况下，这可能是必要的。

[相关信息](#)

- [国际电信联盟](#)
- [语音技术支持](#)
- [语音和统一通信产品支持](#)
- [Cisco IP 电话故障排除](#)
- [技术支持 - Cisco Systems](#)