

# 瞭解資料包語音網路中的延遲

## 目錄

### [簡介](#)

### [基本語音流](#)

### [語音壓縮的運作方式](#)

### [延遲限制標準](#)

### [延遲來源](#)

### [編碼器 \( 處理 \) 延遲](#)

### [分組延遲](#)

### [序列化延遲](#)

### [佇列/緩衝延遲](#)

### [網路交換延遲](#)

### [去抖動延遲](#)

### [生成延遲預算](#)

### [單躍點連線](#)

### [使用充當串聯交換機的C7200的公共網路上的兩跳](#)

### [使用PBX縱排交換機的公共網路上的兩跳連線](#)

### [使用PBX縱排交換機的專用網路上的兩跳連線](#)

### [多個壓縮循環的影響](#)

### [高延遲連線的注意事項](#)

### [相關資訊](#)

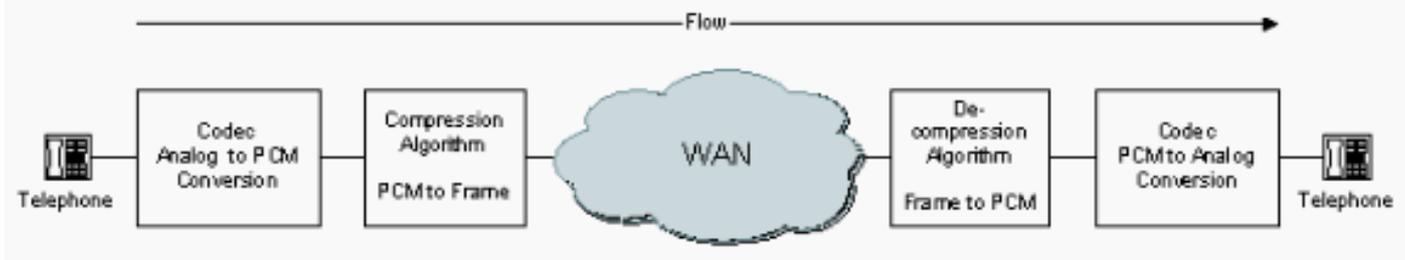
## 簡介

當您設計通過資料包、幀或蜂窩基礎設施傳輸語音的網路時，瞭解網路延遲元件並對其進行說明非常重要。如果正確考慮了所有可能的延遲，可確保整體網路效能是可接受的。總體語音品質由許多因素決定，包括壓縮演算法、錯誤和幀丟失、回聲消除和延遲。本文說明在封包網路上使用Cisco路由器/閘道器時的延遲來源。雖然這些範例針對訊框中繼，但概念同樣適用於IP語音(VoIP)和ATM語音(VoATM)網路。

## 基本語音流

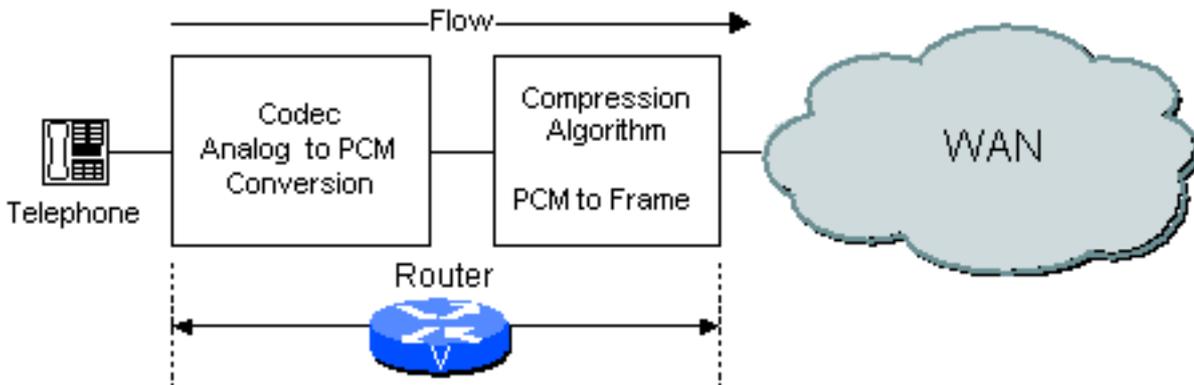
壓縮語音電路的流程如圖所示。通過語音編碼器 — 解碼器 ( 編解碼器 ) 將來自電話的模擬訊號數位化為脈衝編碼調制(PCM)訊號。然後，PCM樣本被傳遞到壓縮演算法，壓縮演算法將語音壓縮成資料包格式，以便通過WAN傳輸。在雲的遠端，完全相同的函式以相反的順序執行。整個流程如圖2-1所示。

圖2-1端到端語音流



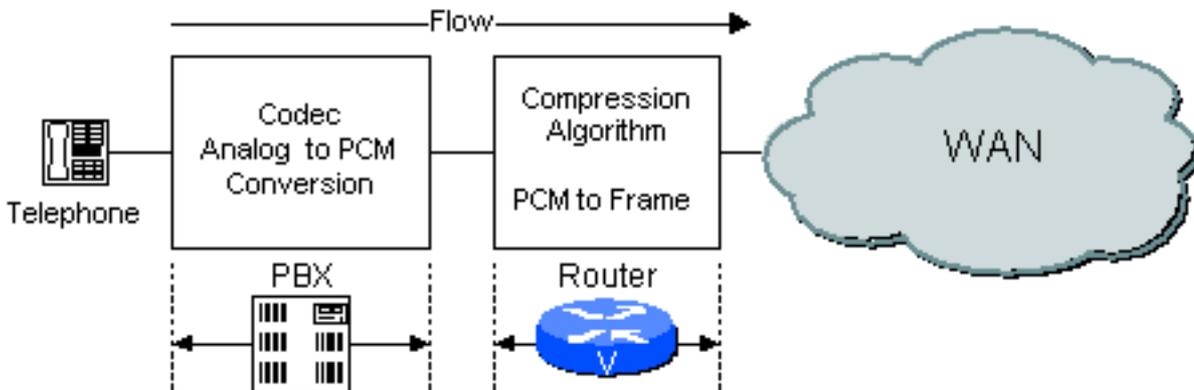
根據網路的配置方式，路由器/網關可以同時執行編解碼和壓縮功能或僅執行其中一項。例如，如果使用模擬語音系統，則路由器/網關會執行CODEC功能和壓縮功能，如圖2-2所示。

圖2-2 路由器/網關中的編解碼器功能



如果使用數字PBX，則PBX執行編解碼器功能，路由器處理PBX傳遞給它的PCM取樣。圖2-3中顯示了示例。

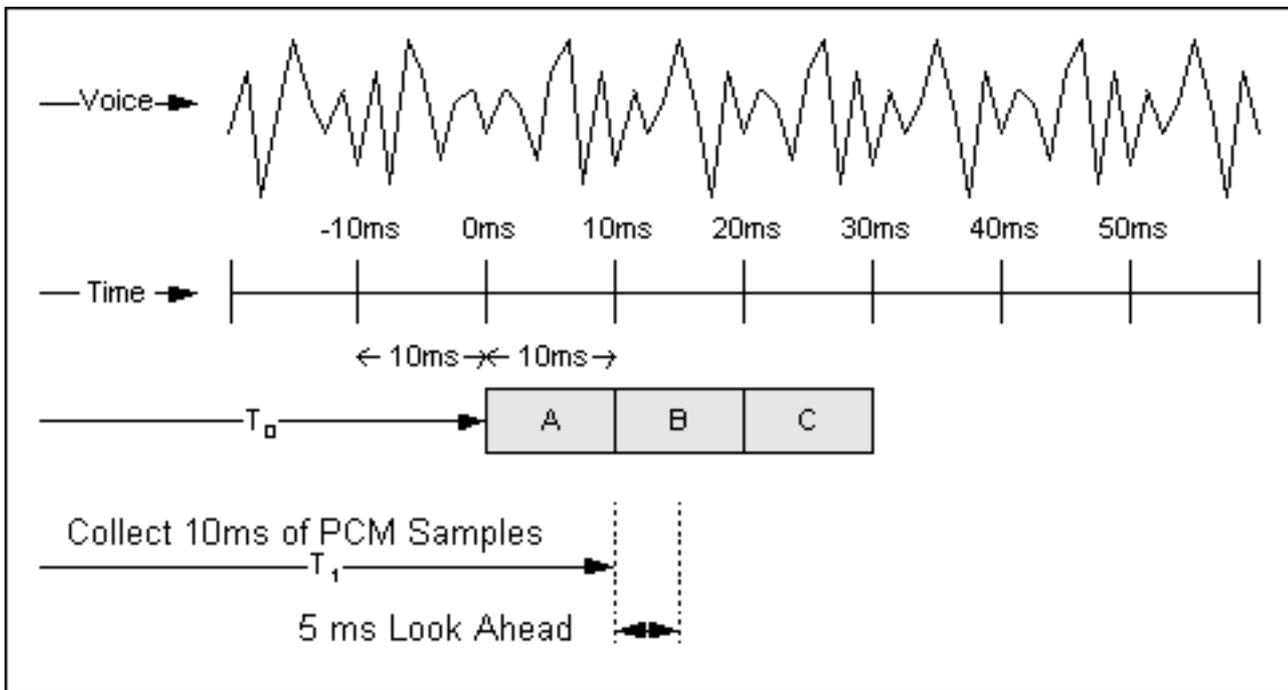
圖2-3 PBX中的編解碼器功能



## 語音壓縮的運作方式

Cisco路由器/網關中使用的高複雜性壓縮演算法可分析語音編解碼器傳送的PCM樣本塊。這些塊的長度因編碼器而異。例如，G.729演算法使用的基本塊大小為10 ms，而G.723.1演算法使用的基本塊大小為30 ms。Figure 3-1顯示了G.729壓縮系統如何工作的示例。

圖3-1 語音壓縮



模擬語音流被數位化為PCM取樣，並以10毫秒的增量傳送到壓縮演算法。Algorithmic Delay中討論了未來展望。

## 延遲限制標準

國際電信聯盟(ITU)在建議G.114中考慮語音應用的網路延遲。該建議定義了三個單向延遲頻段，如表4.1所示。

表4.1延遲規格

範圍 ( 毫秒 )	說明
0-150	大多數使用者應用程式都可以接受。
150-400	可接受，前提是管理員知道傳輸時間及其對使用者應用程式傳輸品質的影響。
400以上	無法接受一般網路規劃。然而，人們承認，在某些特殊情況下，這一限額被超過。

**註：**這些建議適用於回聲受到充分控制的連線。這意味著使用了回聲消除器。當單向延遲超過25毫秒(G.131)時，需要回聲消除器。

這些建議針對國家電信管理機構。因此，這些標準比通常應用於專用語音網路時更為嚴格。當網路設計人員知道終端使用者的位置和業務需求時，可以接受更多的延遲。對於專用網路，200毫秒的延遲是一個合理的目標，250毫秒則是一個限制。所有網路都需要設計成已知最大預期語音連線延遲，並最大限度地降低延遲。

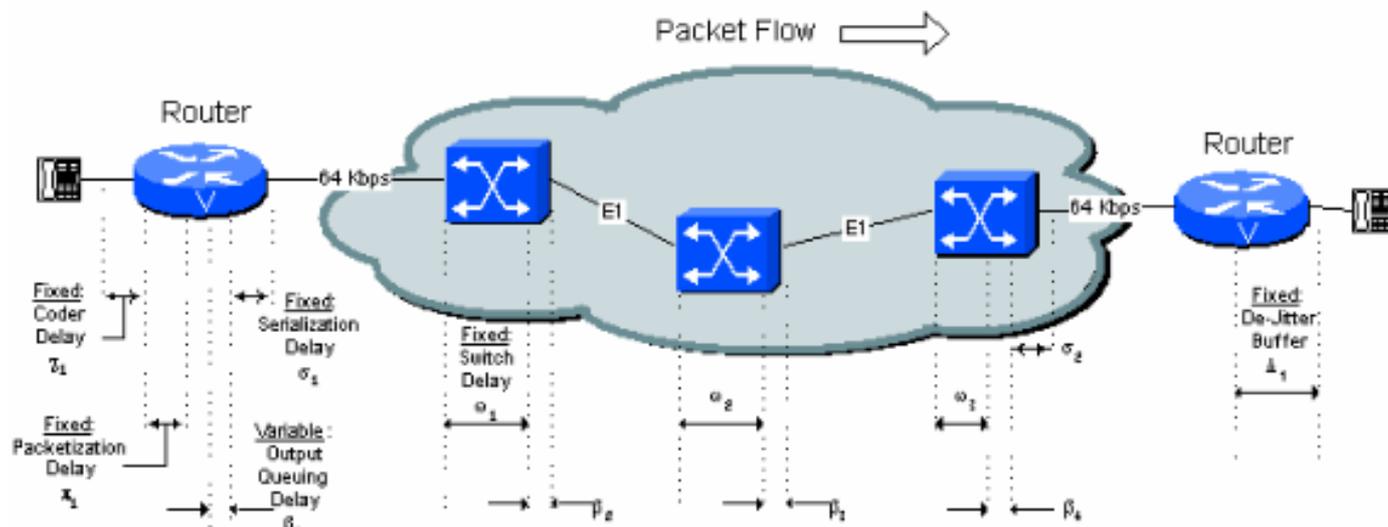
## 延遲來源

有兩種不同的延遲型別，稱為固定和變數。

- 固定延遲元件直接增加連線的總延遲。
- 可變延遲源於連線到WAN的串列埠上的出口中繼緩衝區的排隊延遲。這些緩衝區會在整個網路中產生稱為抖動的可變延遲。可變延遲通過接收路由器/網關處的去抖動緩衝區來處理。去抖動緩衝區的說明見本檔案的去抖動延遲( $\Delta_n$ )部分。

Figure 5-1可識別網路中的所有固定和可變延遲源。本檔案將詳細介紹各個來源。

圖5-1:延遲源



## 編碼器 (處理) 延遲

編碼器延遲是數位訊號處理器(DSP)壓縮PCM取樣塊所用的時間。這也稱為處理延遲( $\tau_n$ )。此延遲因使用的語音編碼器和處理器速度而異。例如，代數位激勵線性預測(ACELP)演算法分析一個10ms的PCM樣本塊，然後對其進行壓縮。

根據DSP處理器的負載，共軛結構代數位激勵線性預測(CS-ACELP)過程的壓縮時間範圍從2.5ms到10ms。如果DSP滿載了四個語音通道，編碼器延遲為10毫秒。如果DSP只載入一個語音通道，編碼器延遲為2.5毫秒。出於設計目的，最壞的時間為10毫秒。

解壓縮時間大約是每個塊的壓縮時間的10%。但是，由於存在多個樣本，因此解壓縮時間與每幀樣本數成正比。因此，對於具有三個樣本的幀，最壞情況下的解壓縮時間為3 x 1 ms或3 ms。通常情況下，兩個或三個壓縮的G.729輸出塊放在一個幀中，而一個壓縮的G.723.1輸出取樣在單個幀中傳送。

最佳和最差編碼器延遲見表5.1。

表5.1最佳和最壞情況處理延遲

編碼器	比率	所需樣本塊	最佳編碼器延遲	最壞情況編碼器延遲
ADPCM, G.726	32 Kbps	10毫秒	2.5毫秒	10毫秒
CS-ACELP, G.729A	8.0 Kbps	10毫秒	2.5毫秒	10毫秒
MP-MLQ, G.723.1	6.3 Kbps	30毫秒	5毫秒	20毫秒

	ps			
MP-ACELP, G.723.1	5.3 Kb ps	30毫秒	5毫秒	20毫秒

**演算法延遲**

壓縮演算法依賴於已知的語音特徵來正確地處理樣本塊N，演算法必須知道塊N+1中的內容，才能準確地再現樣本塊N。這種超前看實際上是一種額外的延遲，被稱為演算法延遲。這有效地增加了壓縮塊的長度。

這樣反復發生，使得塊N+1檢視塊N+2，等等。淨效果是鏈路總延遲增加5毫秒。這意味著處理資訊塊所需的總時間是10米，具有5毫秒的恆定開銷係數。請參見圖3-1:語音壓縮。

- G.726編碼器的演算法延遲為0毫秒
- G.729編碼器的演算法延遲為5毫秒。
- G.723.1編碼器的演算法延遲為7.5 ms

對於本文檔其餘部分的示例，假設使用30毫秒/30位元組負載的G.729壓縮。為了方便設計，並採取保守的方法，本文的其餘部分給出的表都假定最壞情況的編碼器延遲。編碼器延遲、解壓縮延遲和演算法延遲被歸結為一個因子，稱為編碼器延遲。

用於生成集中編碼器延遲引數的方程為：

**等式1:集中編碼器延遲引數**

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

本文檔其餘部分使用的G.729集中編碼器延遲為：

每塊的最壞情況壓縮時間：10毫秒

每塊解壓縮時間x 3塊3毫秒

演算法延遲5 ms -----

總計(x)18 ms

**分組延遲**

封包延遲( $T_{\text{frame}}$ )是指使用編碼/壓縮語音填充封包負載所需的時間。此延遲是聲碼器所需的樣本塊大小

和放置在一個幀中的塊數的函式。分組延遲也可以稱為累積延遲，因為語音樣本在釋放之前累積在緩衝區。

一般情況下，您需要爭取資料包延遲不超過30毫秒。在思科路由器/網關中，您需要根據配置的負載大小使用表5.2中的以下數字：

**表5 .2:通用分組化**

編碼器		負載大小 (位元組)	封包延遲 (毫秒)	負載大小 (位元組)	封包延遲 (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

您必須平衡分組延遲與CPU負載。延遲越低，幀速率越高，CPU上的負載越高。在某些較舊平台上，20 ms負載可能會使主CPU承受壓力。

**分組化過程中的管道延遲**

儘管每個語音樣本都經歷演算法延遲和分組延遲，但實際上，這些過程是重疊的，並且從這種流水線操作中產生了淨效益。以Figure 2 - 1中所示的示例為例。

**圖5-2:流水線和分組化**



)	2			8	6	4	2	8	24	44	0
38	15.83	5.43	4.75	2.38	1.19	0.79	0.59	0.40	0.30	0.20	0.15
48	20.00	6.86	6.00	3.00	1.50	1.00	0.75	0.50	0.38	0.25	0.19
64	26.67	9.14	8.00	4.00	2.00	1.33	1.00	0.67	0.50	0.33	0.25
128	53.33	18.29	16.00	8.00	4.00	2.67	2.00	1.33	1.00	0.66	0.50
256	106.67	36.57	32.00	16.00	8.00	5.33	4.00	2.67	2.00	1.33	1.00
512	213.33	73.14	64.00	32.00	16.00	10.67	8.00	5.33	4.00	2.65	2.00
1024	426.67	142.9	128.00	64.00	32.00	21.33	16.00	10.67	8.00	5.31	4.00
1500	625.00	214.29	187.50	93.75	46.88	31.25	23.44	15.63	11.72	7.77	5.86
2048	853.33	292.57	256.00	128.00	64.00	42.67	32.00	21.33	16.00	10.61	8.00

在上表中，在64 Kbps線路上，長度為38位元組 ( 37+1標誌 ) 的CS-ACELP語音幀具有4.75毫秒的序列化延遲。

註：53位元組ATM信元的序列化延遲(T1:0.275ms，E1:0.207ms)可以忽略不計，因為線速高，電池體積小。

## 佇列/緩衝延遲

在構建壓縮語音負載後，將新增一個報頭，並將幀排隊等待在網路連線上傳輸。語音需要在路由器/網關中具有絕對優先順序。因此，語音幀必須只等待已播放的資料幀或之前的其他語音幀。實際上，語音幀會等待輸出隊列中任何前面幀的序列化延遲。排隊延遲( $\beta_n$ )是一個可變延遲，它取決於中繼速度和隊列的狀態。存在與排隊延遲相關聯的隨機元素。

例如，假設您在一條64 Kbps的線路上，並且在一個資料幀 ( 48位元組 ) 和一個語音幀 ( 42位元組 ) 後面排隊。由於48位元組的幀已經播放了多少具有隨機性，因此平均而言，您可以安全地假設資料幀的一半已經播放。根據序列化表中的資料，資料幀元件為6毫秒\* 0.5 = 3毫秒。當您將隊列中另一個語音幀的前面的時間 ( 5.25毫秒 ) 相加時，排隊總延遲時間為8.25毫秒。

如何描述排隊延遲取決於網路工程師。一般情況下，需要針對最壞的情況進行設計，然後在安裝網

路後調整效能。使用者可用的語音線路越多，平均語音資料包在隊列中等待的概率就越高。由於優先順序結構，語音幀不會等待多個資料幀。

## 網路交換延遲

與端點位置互連的公共幀中繼或ATM網路是語音連線最大延遲的來源。網路交換延遲 $(\omega_n)$ 也是最難量化的。

如果廣域連線由思科裝置或其他私有網路提供，則可以確定延遲的各個元件。通常，固定元件來自網路內中繼上的傳播延遲，可變延遲則來自將幀時鐘傳送到中間交換機或從中間交換機發出的排隊延遲。為了估計傳播延遲，普遍使用的估計值為10微秒/英里或6微秒/公里(G.114)。然而，中間複用裝置、回程、微波鏈路以及運營商網路中存在的其它因素也造成了許多例外。

延遲的另一個重要因素是在廣域網內排隊。在專用網路中，可以測量現有的排隊延遲或估計廣域網內的每跳預算。

美國訊框中繼連線的典型載波延遲是固定的40毫秒，可變的25毫秒，最壞情況下的總延遲為65毫秒。為簡單起見，在示例6-1、6-2和6-3中，包含在40 ms固定延遲中的所有低速序列化延遲。

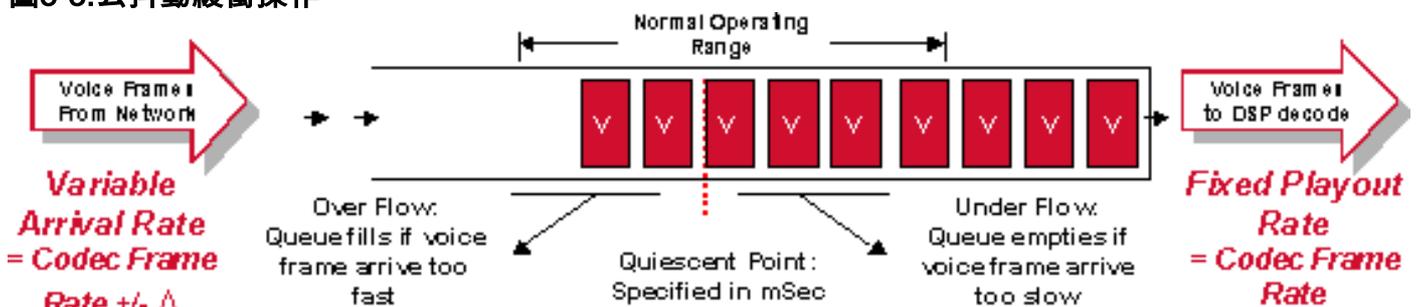
這些數字由美國幀中繼運營商發佈，以便覆蓋美國的任何地方。可以預期地理上比最差情況更接近的兩個地點具有更好的延遲效能，但運營商通常只記錄最差情況。

幀中繼運營商有時提供優質服務。這些服務通常用於語音或系統網路架構(SNA)流量，其中網路延遲是有保證的，低於標準服務水準。例如，一家美國運營商最近宣佈的此類服務總延遲限制為50毫秒，而不是標準服務的65毫秒。

## 去抖動延遲

由於語音是一種恆定的位元率服務，因此必須在訊號離開網路之前消除所有可變延遲的抖動。在Cisco路由器/網關中，這是通過在遠端（接收）路由器/網關處使用去抖動 $(\Delta_n)$ 緩衝區實現的。去抖動緩衝器將可變延遲轉換為固定延遲。它儲存收到的第一個樣本一段時間，然後播放該樣本。此保持期稱為初始播放延遲。

圖5-3:去抖動緩衝操作



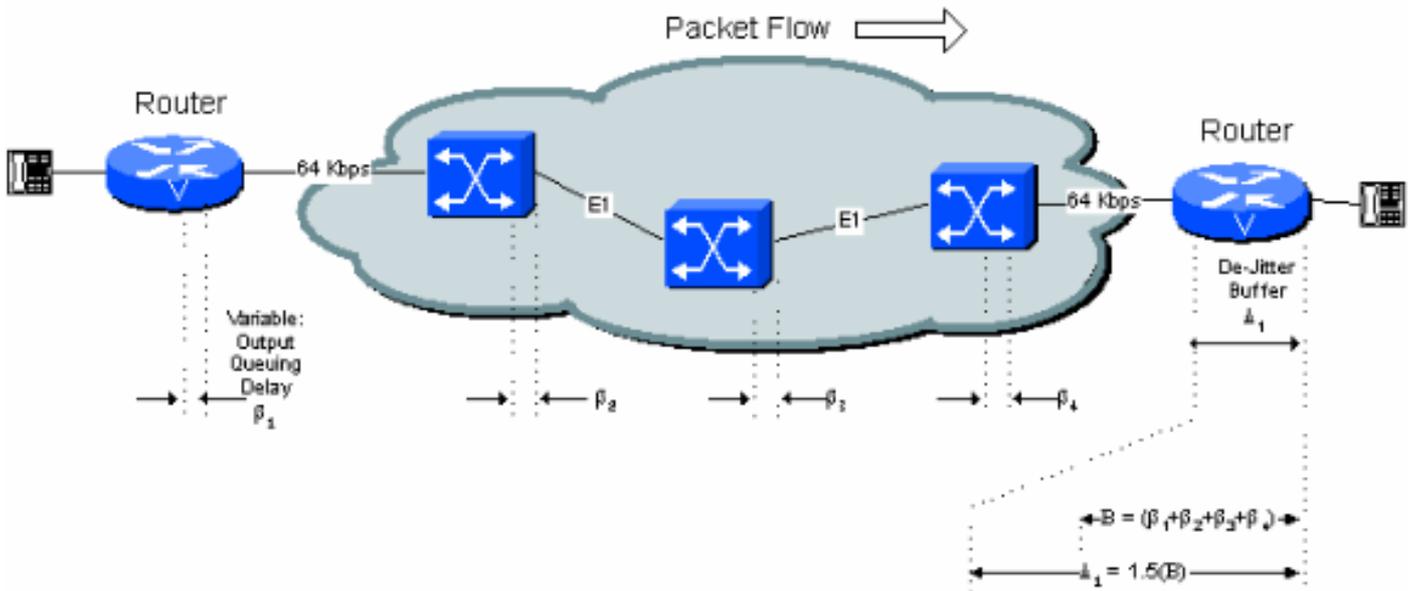
必須正確處理去抖動緩衝區。如果取樣保持的時間太短，延遲的變化可能會導致緩衝區不足和導致語音間隙。如果取樣保持時間過長，緩衝區可能會溢位，丟棄的資料包將再次導致語音間隙。最後，如果資料包的儲存時間過長，則連線上的總延遲可能達到不可接受的水準。

去抖動緩衝器的最佳初始播放延遲等於沿連線的總可變延遲。如圖5-4所示。

**注意：**去抖動緩衝區可以是自適應的，但最大延遲是固定的。當配置了自適應緩衝區時，延遲會變為可變數字。但是，最大延遲可以作為設計的最壞情況。

有關自適應緩衝區的詳細資訊，請參閱[IP語音的播放延遲增強功能](#)。

圖5 -4 :可變延遲和去抖動緩衝區



初始播放延遲是可配置的。緩衝區溢位前的最大深度通常設定為此值的1.5或2.0倍。

如果使用40ms標稱延遲設定，則在去抖動緩衝器為空時接收的第一語音樣本被保持40ms，然後被播放。這意味著從網路接收的後續資料包可能延遲40毫秒（相對於第一個資料包），而不會丟失任何語音連續性。如果延遲超過40ms，則去抖動緩衝器將清空，並且接收的下一分組在播放之前保持40ms以重置緩衝器。這會導致語音出現大約40毫秒的間隙。

去抖動緩衝器對延遲的實際貢獻是去抖動緩衝器的初始播放延遲加上第一分組在網路中緩衝的實際量。最糟糕的情況是去抖動緩衝器初始延遲的兩倍（假設第一個經過網路的資料包僅經歷最小的緩衝延遲）。在實踐中，經過多個網路交換機跳躍，可能不需要假設最壞情況。本文檔其餘部分示例中的計算將初始播放延遲增加1.5倍以計入此影響。

**注意：**在接收路由器/網關中，解壓縮功能存在延遲。但是，通過將其與前面討論的壓縮處理延遲相組合來考慮這一點。

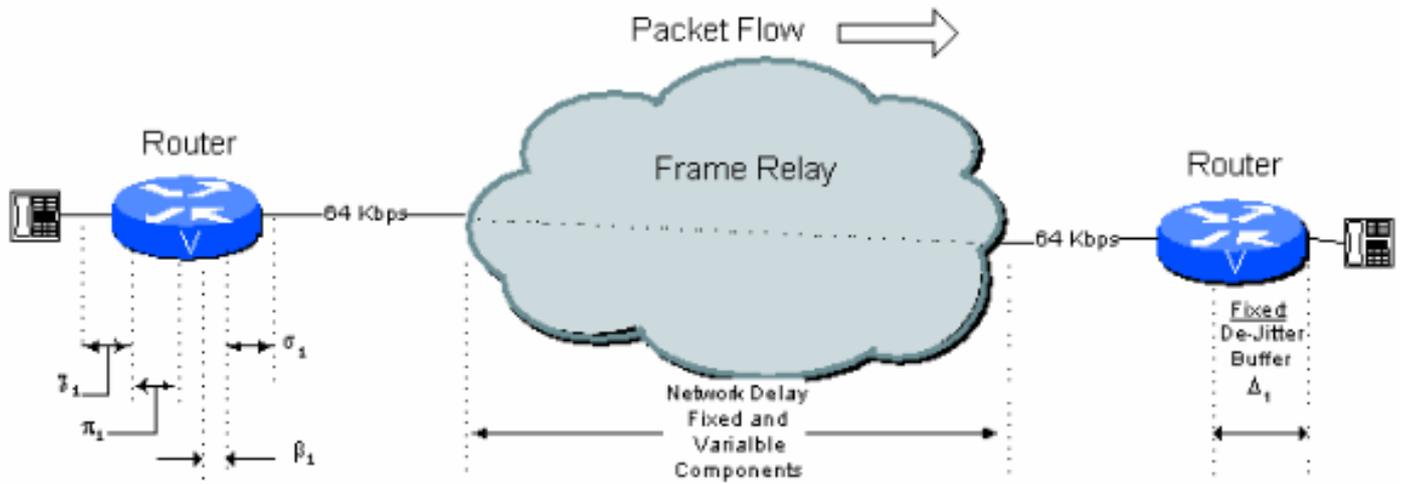
## 生成延遲預算

對於高品質語音連線延遲，一般接受的限制是單向200毫秒（或限制250毫秒）。隨著這個數字的延遲增加，說話者和聽者變得不同步，他們經常是同時說話，或者二者都等待對方說話。這種情況通常稱為通話者重疊。儘管總體語音品質是可以接受的，但使用者有時會覺得談話的僵化本質令人無法接受。通過衛星連線傳輸的國際電話可以觀察到通話者重疊（衛星延遲在500毫秒的量級，上行250毫秒和下行250毫秒）。

以下範例說明網路設計人員需要考慮的各種網路設定和延遲。

## 單躍點連線

圖6 - 1:單跳示例連線



從圖中，公共幀中繼連線上的典型單跳連線可以具有表6.1所示的延遲預算。

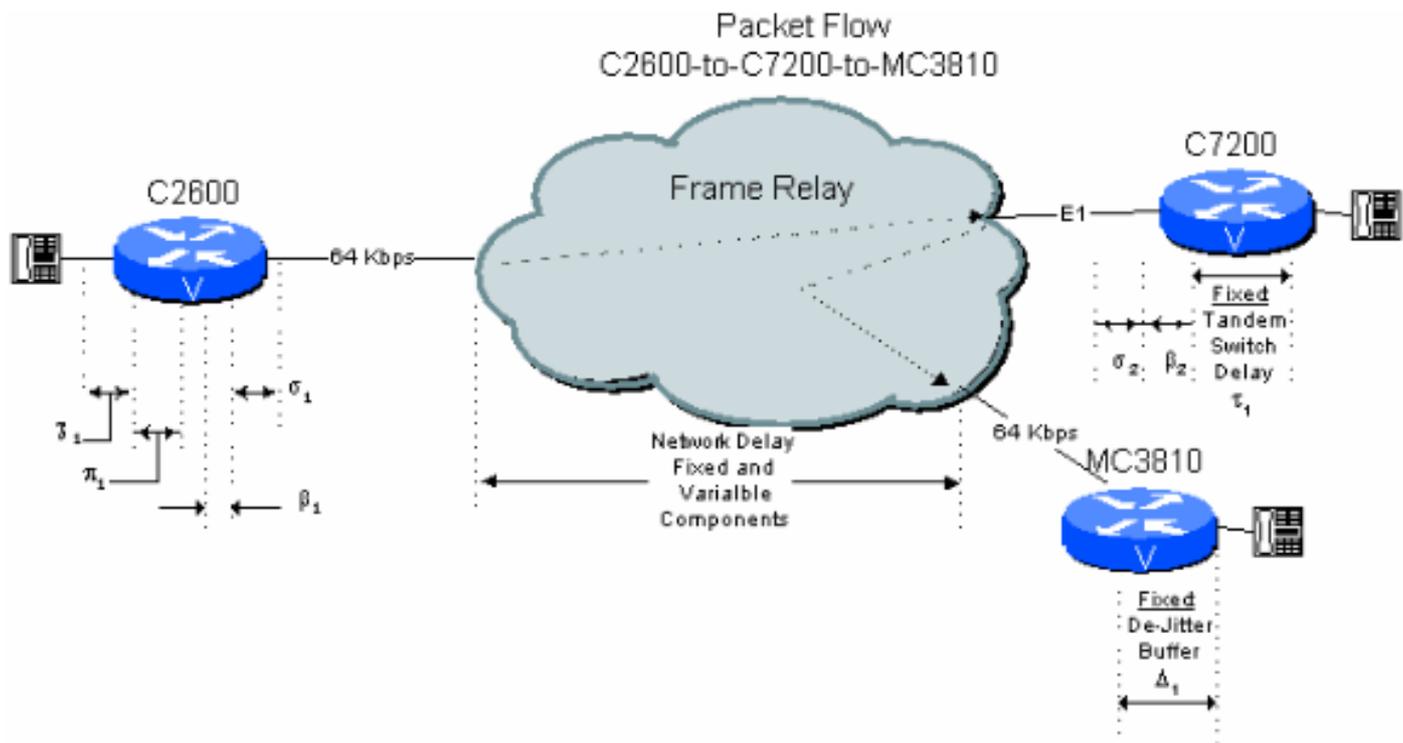
表6.1:單跳延遲計算

延遲型別	固定 ( 毫秒 )	變數(ms)
編碼器延遲, $X_1$	18	
分組化延遲, $\pi_1$	30	
佇列/緩衝, $\beta_1$		8
序列化延遲(64 kbps), $\sigma_1$	5	
網路延遲 ( 公共幀 ) , $\omega_1$	40	25
去抖動緩衝延遲, $\Delta_1$	45	
合計	138	33

註：由於在去抖動緩衝區計算中已計入排隊延遲和網路延遲的可變分量，因此總延遲實際上只是所有固定延遲的總和。在這種情況下，總延遲為138 ms。

### 使用充當串聯交換機的C7200的公共網路上的兩跳

圖6 - 2:具有路由器/網關串聯連線的兩跳公共網路示例



現在考慮星型拓撲網路中的分支機構到分支機構連線，其中，總部站點的C7200將呼叫傳送到目標分支機構。在這種情況下，訊號會通過中央C7200保持壓縮格式。這會導致與下一個示例相比顯著節省延遲預算，該示例是具有PBX縱排交換機的公共網路上的兩跳連線。

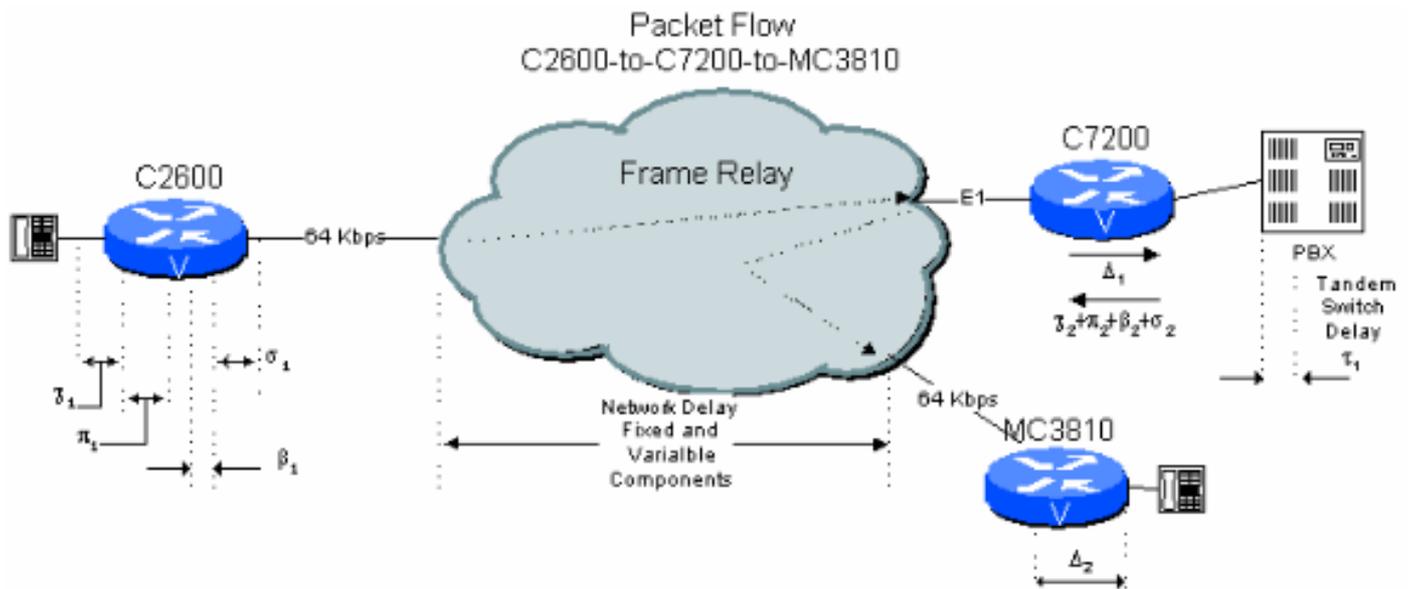
表 6.2：採用路由器/網關級聯的兩跳公共網路延遲計算

延遲型別	固定 ( 毫秒 )	變數(ms)
編碼器延遲, $\chi_1$	18	
分組化延遲, $\pi_1$	30	
佇列/緩衝, $\beta_1$		8
序列化延遲(64 kbps), $\sigma_1$	5	
網路延遲 ( 公共幀 ) , $\omega_1$	40	25
MC3810串列延遲, $\tau_1$	1	
佇列/緩衝, $\beta_2$		0.2
序列化延遲(2 Mbps), $\sigma_2$	0.1	
網路延遲 ( 公共幀 ) , $\omega_2$	40	25
去抖動緩衝延遲, $\Delta_1$	75	
合計	209.1	58.2

註：由於在去抖動緩衝區計算中已計入排隊延遲和網路延遲的可變分量，因此總延遲實際上只是所有固定延遲的總和。在這種情況下，總延遲為209.1 ms。

### 使用PBX縱排交換機的公共網路上的兩跳連線

圖6-3:使用PBX串接的兩跳公共網路示例



考慮在分支機構到總部的網路中建立分支機構到分支機構的連線，總部站點的C7200將連線傳遞到總部PBX進行交換。在這裡，語音訊號必須經過解壓縮和去抖動，然後進行第二次解壓縮和去抖動。這將導致相對於上一個示例的額外延遲。此外，兩個CS-ACELP壓縮週期會降低語音品質（請參見多個壓縮週期的影響）。

表 6.3：使用PBX串接的兩跳公共網路延遲計算

延遲型別	固定（毫秒）	變數(ms)
編碼器延遲， $\chi_1$	18	
分組化延遲， $\pi_1$	30	
佇列/緩衝， $\beta_1$		8
序列化延遲(64 kbps), $\sigma_1$	5	
網路延遲（公共幀）， $\omega_1$	40	25
去抖動緩衝延遲， $\Delta_1$		40
編碼器延遲， $\chi_2$	15	
分組化延遲， $\pi_2$	30	
佇列/緩衝， $\beta_2$		0.1
序列化延遲(2 Mbps), $\sigma_2$	0.1	
網路延遲（公共幀）， $\omega_2$	40	25
去抖動緩衝延遲， $\Delta_2$	40	
合計	258.1	58.1

注意：由於排隊延遲和網路延遲的可變組成部分已計入去抖動緩衝區計算中，因此總延遲實際上只是所有固定延遲加上去抖動緩衝區延遲的總和。在這種情況下，總延遲為258.1 ms。

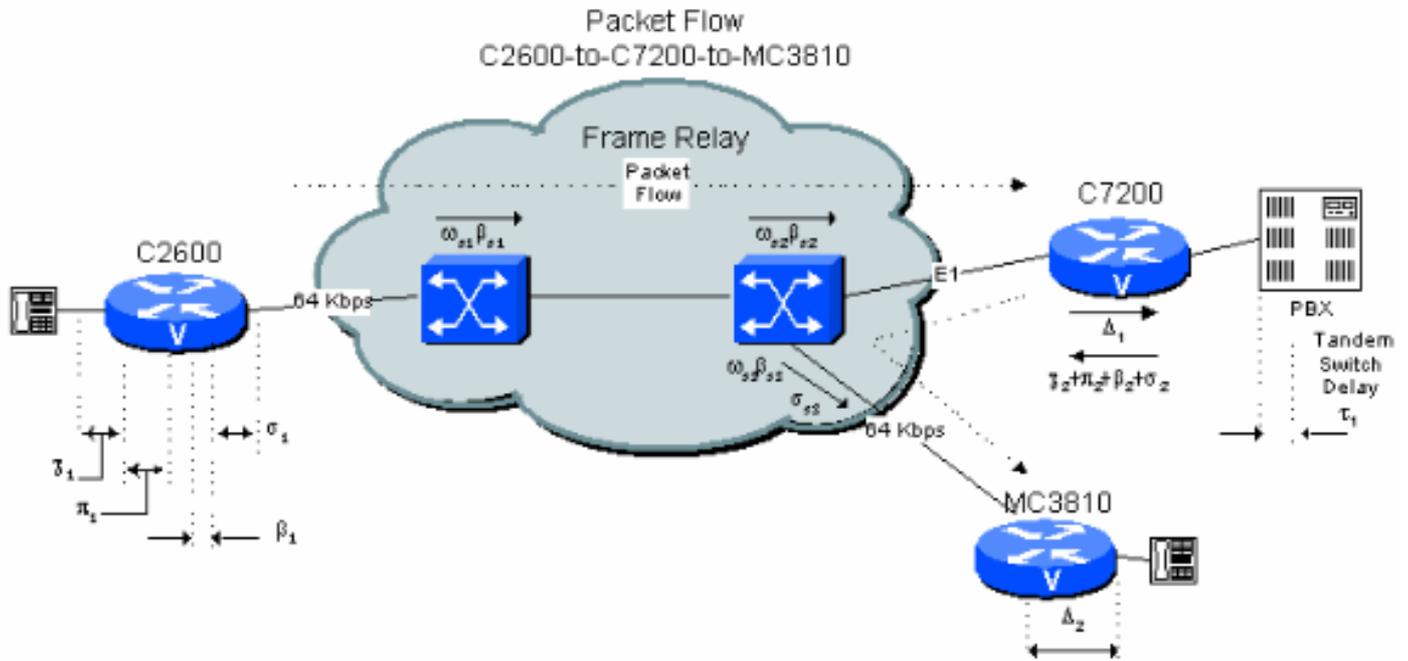
如果在中央站點使用PBX作為交換機，它將單向連線延遲從206 ms增加到255 ms。這接近ITU的單向延遲限制。這種型別的網路配置要求工程師密切注意設計的最小延遲。

最壞的情況是可變延遲（儘管公共網路上的兩條支路不會同時看到最大延遲）。如果對可變延遲做

出更樂觀的假設，只會使情況得到最小的改善。然而，利用關於載波的幀中繼網路中的固定和可變延遲的更好的資訊，可以減小計算的延遲。可以期望本地連線（例如國家內）具有更好的延遲特性，但運營商通常不願意給出延遲限制。

### 使用PBX縱排交換機的專用網路上的兩跳連線

圖6-4:使用PBX串接的兩跳專用網路示例



示例4.3顯示，假設最壞情況延遲，當分支到分支的連線在中央站點包含一個PBX串聯躍點，且兩端都有公共幀中繼網路連線時，很難將計算的延遲保持在200 ms以下。但是，如果網路拓撲和流量已知，則可能會顯著降低計算值。這是因為通常由運營商提供的數字受到最壞情況的限制，傳輸和排隊延遲在很大範圍內。在專用網路中建立更合理的限制要容易得多。

交換機之間傳輸延遲的普遍接受數值為10微秒/英里。根據裝置的具體情況，幀中繼網路中的傳輸延遲需要固定在1ms的量級上，排隊時需要在5ms的量級上。這些數字取決於裝置和流量。如果使用E1/T1中繼，Cisco MGX WAN交換機的總延遲數字小於1毫秒。假設距離為500哩（固定為1 ms，每跳可變為5 ms），則延遲計算變為：

表6.4:使用PBX串接的兩跳專用網路延遲計算

延遲型別	固定 ( 毫秒 )	變數(ms)
編碼器延遲, $X_1$	18	
分組化延遲, $\pi_1$	30	
佇列/緩衝, $\beta_1$		8
序列化延遲(64 kbps), $\sigma_1$	5	
網路延遲 ( 私人訊框 ) , $\omega S^1 + \beta S^1 + \omega S^2 + \beta S^2$	2	10
去抖動緩衝延遲, $\Delta_1$	40	
編碼器延遲, $X_2$	15	
分組化延遲, $\pi_2$	30	

佇列/緩衝, $\beta_2$		0.1
序列化延遲(2 Mbps), $\sigma_2$	0.1	
網路延遲 (專用幀) , $\omega_{S3} + \beta_{S3}$	1	8
序列化延遲(64 kbps), $\sigma_{S3}$	5	
去抖動緩衝延遲, $\Delta_2$	40	
傳輸/距離延遲 (未中斷)	5	
合計	191.1	26.1

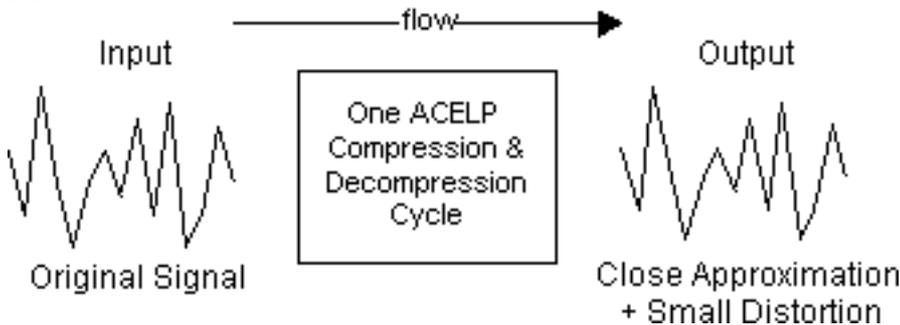
註：由於在去抖動緩衝區計算中已計入排隊延遲和網路延遲的可變分量，因此總延遲只是所有固定延遲的總和。在這種情況下，總延遲為191.1 ms。

當您在專用幀中繼網路上運行時，可以通過中心站點的PBX建立分支到分支連線，並且保持在200毫秒的範圍內。

## 多個壓縮循環的影響

CS-ACELP壓縮演算法不是確定性的。這意味著輸入資料流與輸出資料流不完全相同。在每個壓縮循環中引入少量失真，如圖7-1所示。

圖7-1:壓縮效果



因此，多個CS-ACELP壓縮循環可以快速引入顯著水準的失真。這種附加失真效應在自適應差分脈衝編碼調制(ADPCM)演算法中並不明顯。

此特性的影響在於，除了延遲的影響之外，網路設計人員還必須考慮路徑中的CS-ACELP壓縮週期數。

語音品質是主觀的。大多數使用者發現兩個壓縮週期仍可提供足夠的語音品質。第三個壓縮週期通常會導致明顯的降級，這是一些使用者無法接受的。通常，網路設計人員需要將路徑中的CS-ACELP壓縮週期數限制為兩個。如果必須採用更多週期，應首先讓客戶聽到。

在前面的例子中，當一個分支到分支連線通過總部站點的PBX (PCM形式) 串聯交換時，它的延遲顯著大於在總部C7200中串聯交換的情況。顯然，當PBX用於交換時，路徑中有兩個CS-ACELP壓縮週期，而不是在中央C7200交換幀語音時只有一個週期。使用C7200 — 交換示例(4.2)的語音品質更好，儘管還有其他原因，呼叫計畫管理，可能要求路徑中包含PBX。

如果通過中央PBX建立分支到分支連線，並且從第二分支呼叫在公共語音網路上擴展，然後在蜂窩電話網路上終止，則路徑中有三個CS-ACELP壓縮循環，以及明顯較高的延遲。在這種情況下，品質會受到明顯影響。同樣，網路設計人員必須考慮最壞的呼叫路徑，並根據使用者的網路、期望和業務要求來決定該路徑是否可接受。

## 高延遲連線的注意事項

設計超過ITU普遍接受的150 ms單向延遲限制的分組語音網路相對容易。

設計資料包語音網路時，工程師需要考慮此類連線的使用頻率、使用者要求以及涉及的業務活動型別。在特定情況下可接受此類連線並非不常見。

如果幀中繼連線沒有經過很長的距離，則網路的延遲效能很可能比示例中所示的更好。

如果串接路由器/網關連線經歷的總延遲過大，另一種選擇通常是直接在終端MC3810之間配置額外的永久虛擬電路(PVC)。這會增加網路的經常性成本，因為運營商通常會對每個PVC收費，但在某些情況下可能是必須的。

## 相關資訊

- [國際電信聯盟](#)
- [語音技術支援](#)
- [語音和整合通訊產品支援](#)
- [Cisco IP電話故障排除](#)
- [技術支援 - Cisco Systems](#)