

# De betekenis van vertraging in Packet Voice-netwerken

## Inhoud

[Inleiding](#)

[Basisspraakstroom](#)

[Hoe spraakcompressie werkt](#)

[Normen voor uitstel](#)

[Uitgestelde bronnen](#)

[Vertraging coder \(verwerking\)](#)

[Vertraging bij productietijd](#)

[Servische vertraging](#)

[Wachtrij/buffervertraging](#)

[Vertraging van netwerkswitching](#)

[De-Jitter Delay](#)

[Stel een vertragingbegroting in](#)

[Verbinding met één schap](#)

[Twee hop op een openbaar netwerk met een C7200 die als een Switch in een Tandem werkt](#)

[Verbinding met twee aansluitingen via een openbaar netwerk met een PBX-Switch](#)

[Verbinding met twee aansluitingen via een privaat netwerk met een PBX-Switch voor modem](#)

[Effecten van meerdere compressiecycli](#)

[Opmerkingen voor snelle verbindingen](#)

[Gerelateerde informatie](#)

## Inleiding

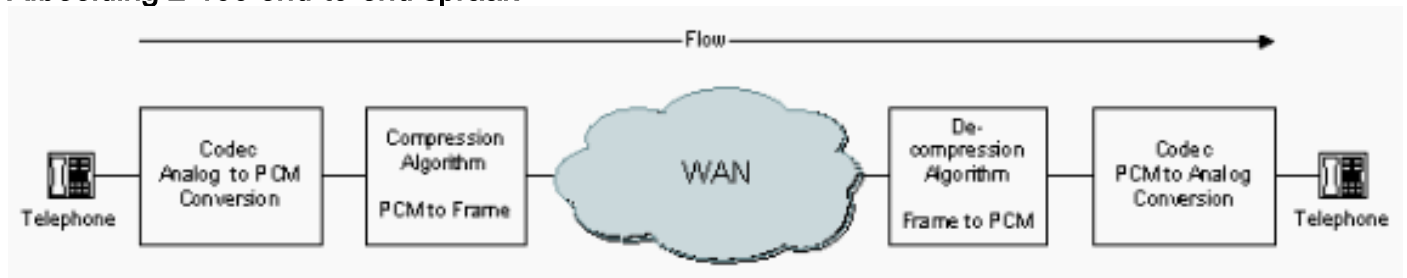
Wanneer u netwerken ontwerpt die spraak via een pakje, frame of celinfrastructuur transporteren, is het belangrijk om de vertragingcomponenten in het netwerk te begrijpen en er rekening mee te houden. Als u al mogelijke vertragingen correct opslaat, zorgt dit ervoor dat de algemene netwerkprestaties aanvaardbaar zijn. De algemene stemkwaliteit is een functie van vele factoren die het compressiealgoritme, fouten en framemalverlies, echo annulering en vertraging omvatten. Dit artikel legt de bronnen van vertraging uit wanneer u Cisco router/gateways via pakketnetwerken gebruikt. Hoewel de voorbeelden gericht zijn op Frame Relay, zijn de concepten ook van toepassing op Voice-over-IP (VoIP) en Voice-over-ATM (VoATM) netwerken.

## Basisspraakstroom

De stroom van een gecomprimeerd spraakcircuit wordt in dit diagram weergegeven. Het analoge signaal van de telefoon wordt gedigitaliseerd in pulscodemodulatie (PCM) signalen door de spraakcoder-decoder (codec). De PCM monsters worden dan doorgegeven naar het compressiealgoritme dat de stem comprimeert in een pakketformaat voor transmissie over WAN.

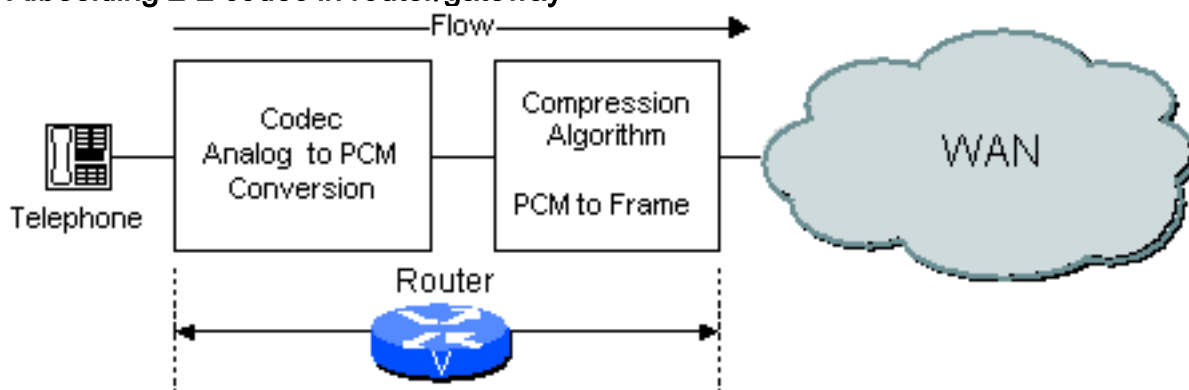
Aan de andere kant van de wolk worden exact dezelfde functies in omgekeerde volgorde uitgevoerd. De gehele stroom wordt in afbeelding 2-1 weergegeven.

**Afbeelding 2-100 end-to-end spraak**



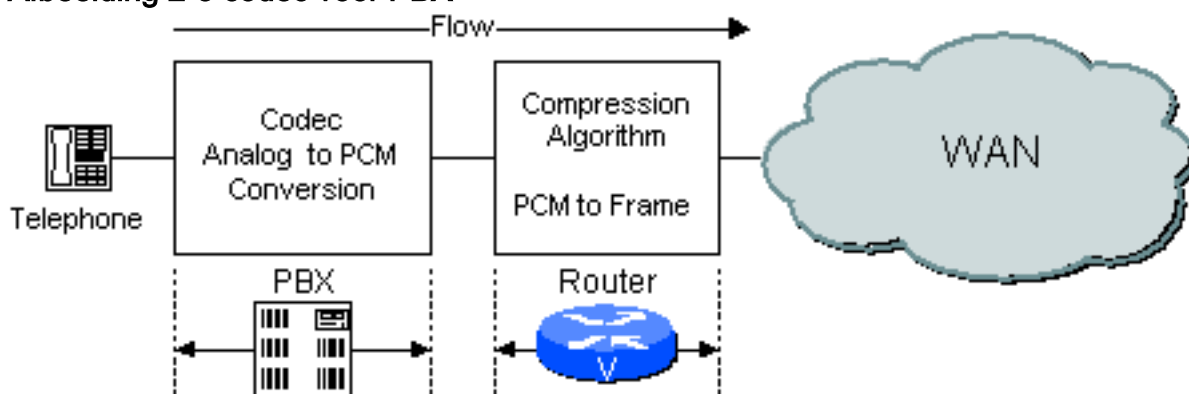
Op basis van de manier waarop het netwerk is geconfigureerd kan de router/poort zowel de codec- als compressiefuncties uitvoeren of slechts een van de functies. Als bijvoorbeeld een analog spraaksysteem wordt gebruikt, dan voert de router/poort de functie CODEC en de compressiefunctie uit zoals in afbeelding 2-2.

**Afbeelding 2-2 codec in router/gateway**



Als een digitale PBX wordt gebruikt, voert de PBX de codec-functie uit en verwerkt de router de PCM-monsters die er door PBX aan zijn doorgegeven. In figuur 2-3 wordt een voorbeeld getoond.

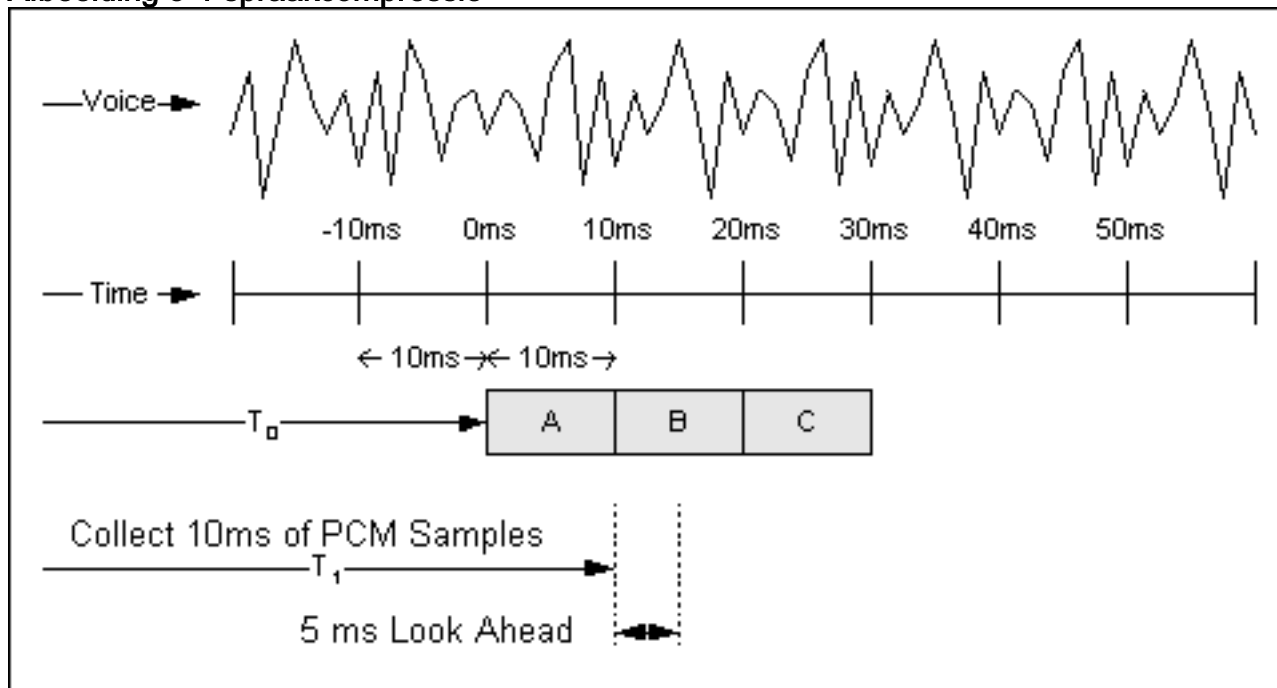
**Afbeelding 2-3 codec voor PBX**



## [Hoe spraakcompressie werkt](#)

De hoge complexiteit van compressiemethoden die in Cisco router/gateways worden gebruikt, analyseren een blok PCM-monsters die door de Voice-codec zijn geleverd. Deze blokken variëren in lengte gebaseerd op de coder. De basisgrootte van een G.729-algoritme is bijvoorbeeld 10 ms, terwijl de basisgrootte van een blok dat wordt gebruikt voor de G.723.1-algoritmen 30 ms is. Een voorbeeld van hoe een G.729 compressiesysteem werkt wordt in afbeelding 3-1 getoond.

### Afbeelding 3-1 spraakcompressie



De analoge spraakstroom wordt in PCM-beeldsamples gedigitaliseerd en aan het compressiealgoritme geleverd in stappen van 10 ms. De blik vooruit wordt besproken in Algorithmic Delay.

### Normen voor uitstel

De International Telecommunication Union (ITU) beschouwt de netwerkvertraging voor spraaktoepassingen in Aanbeveling G.114. In deze aanbeveling worden drie banden met eenrichtingsvertraging gedefinieerd, zoals weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Eindspecificaties

Bereik in Milliseconden	Beschrijving
0-150	Aanvaardbaar voor de meeste gebruikerstoepassingen.
150-400	Aanvaardbaar op voorwaarde dat de beheerders op de hoogte zijn van de zendtijd en de impact ervan op de transmissiekwaliteit van de gebruikerstoepassingen.
boven 400	Niet aanvaardbaar voor algemene netwerkplanning. Er wordt echter erkend dat deze grenswaarde in sommige uitzonderlijke gevallen wordt overschreden.

**Opmerking:** Deze aanbevelingen zijn bedoeld voor verbindingen met echo die voldoende onder controle zijn. Dit houdt in dat echo-porren worden gebruikt. Echo-ruiters zijn vereist wanneer de vertraging meer dan 25 ms bedraagt (G.131).

Deze aanbevelingen zijn gericht op nationale telecommunicatiediensten. Daarom zijn deze strenger dan wanneer normaal toegepast in particuliere spraaknetwerken. Wanneer de locatie en de zakelijke behoeften van de eindgebruikers bij de netwerkontwerper bekend zijn, kan meer vertraging aanvaardbaar blijken. Voor particuliere netwerken is 200 ms vertraging een redelijk doel en 250 ms een grens. Alle netwerken moeten zodanig worden gemanipuleerd dat de maximale verwachte vertraging van de spraakverbinding bekend is en tot een minimum wordt beperkt.

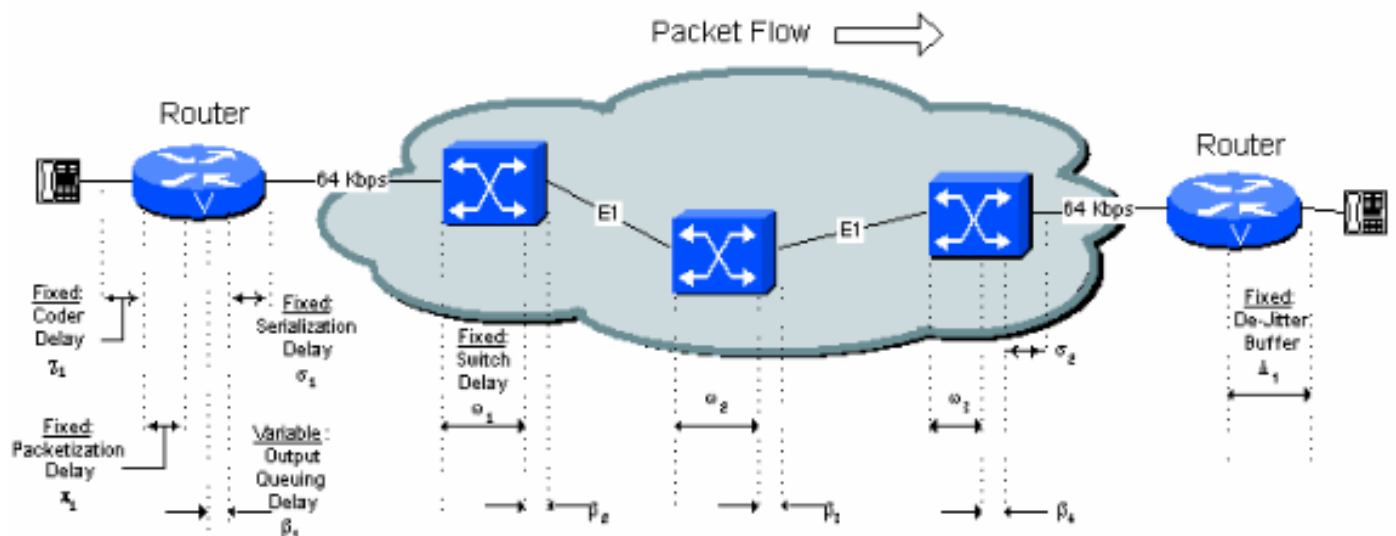
## Uitgestelde bronnen

Er zijn twee verschillende soorten vertraging die vaste en variabele noemen.

- Vaste vertragingcomponenten voegen rechtstreeks toe aan de totale vertraging van de verbinding.
- Variabele vertragingen vloeien voort uit wachtrijen vertragingen in de buffers van de uitgang op de seriële poort die op WAN wordt aangesloten. Deze buffers maken variabele vertragingen, genaamd jitter, over het netwerk. Variabele vertragingen worden verwerkt door de de-jitter buffer op de ontvangende router/gateway. De de-jitter buffer wordt beschreven in het gedeelte De-jitter Delay (meting n) van dit document.

Afbeelding 5-1 identificeert alle vaste en variabele vertragingbronnen in het netwerk. Elke bron wordt in dit document uitvoerig beschreven.

**Afbeelding 5-1: Uitgestelde bronnen**



## Vertraging coder (verwerking)

Codervertraging is de tijd die door de digitale signaalprocessor (DSP) wordt genomen om een blok PCM-monsters te comprimeren. Ook verwerkingsvertraging (dit is een naam) genoemd. Deze vertraging varieert met de spraakcoder en de processorsnelheid. Bijvoorbeeld, algebraïsche code opgewonden lineaire voorspellingsalgoritmen (ACELP) analyseren een blok van 10 ms PCM monsters en comprimeren ze dan.

De compressietijd voor een concentraat Algebraic Code Excited Linear Voordiction (CS-ACELP) proces varieert van 2,5 ms tot 10 ms op basis van de belasting van de DSP processor. Als de DSP volledig is geladen met vier spraakkanalen, is de vertraging van de Coder 10 ms. Als de DSP is geladen met slechts één spraakkanaal is de vertraging van de coder 2,5 ms. Gebruik voor ontwerpdoeleinden de slechtst denkbare tijd van 10 ms.

De decompressietijd is grofweg tien procent van de compressietijd voor elk blok. De decompressietijd is echter evenredig met het aantal monsters per frame vanwege de aanwezigheid van meerdere monsters. Bijgevolg is de slechtst denkbare decompressietijd voor een frame met drie monsters 3 x 1 ms of 3 ms. Gewoonlijk worden twee of drie blokken gecompriëerde G.729-uitvoer in één frame geplaatst terwijl één monster van gecompriëerde G.723.1-uitvoer in één frame wordt verzonden.

De beste en slechtst denkbare vertragingen worden weergegeven in tabel 5.1.

**Tabel 5.1 Optimale en slechtste verwerkingstijd voor case**

codeur	Snelheid	Vereist voorbeeldblok	Best Case Coder Delay	Vertraging slechtste case coder
ADPCM, G.726	32 Kbps	10 ms	2,5 m	10 ms
CS-ACELP, G.729A	8,0 Kbps	10 ms	2,5 m	10 ms
MP-MLQ, G.723.1	6,3 Kbps	30 ms	5 ms	20 ms
MP-ACELP, G.723.1	5,3 Kbps	30 ms	5 ms	20 ms

### Algoritme vertraging

Het compressiealgoritme is gebaseerd op bekende spraakkenmerken om voorbeeldblok N correct te verwerken. Het algoritme moet enige kennis hebben van wat in blok N+1 is om voorbeeldblok N nauwkeurig te reproduceren. Dit vooruitzien, wat echt een extra vertraging is, wordt algoritmische vertraging genoemd. Dit verhoogt effectief de lengte van het compressieverbindingsblok.

Dit gebeurt herhaaldelijk, zodat blok N+1 in blok N+2 kijkt, enzovoort. Het netto-effect is een toevoeging van 5 ms op de totale vertraging van de verbinding. Dit betekent dat de totale tijd die nodig is voor de verwerking van een informatieblok 10 m is met een constante overheadfactor van 5 ms. Zie figuur 3-1: Spraakcompressie.

- Algoritme vertraging voor G.726-coders is 0 ms
- De algoritmische vertraging voor G.729-coders is 5 ms.
- Algoritme vertraging voor G.723.1-coders is 7,5 ms

Neem voor de voorbeelden in de rest van dit document G.729-compressie met een 30 ms/30 bytes. Om het ontwerp te vereenvoudigen en een conservatieve aanpak te volgen, gaan de tabellen in de rest van dit document uit van de ergste vertraging bij de coderingen. De codevertraging, decompressie vertraging en algoritmische vertraging worden samengevoegd tot één factor die de codervertraging wordt genoemd.

De vergelijking die wordt gebruikt om de parameter voor de uitgestelde Coder te genereren is:

**Vergelijking 1 : Lumping-parameter voor vertraging van de coder**

**(Worst Case Compression Time Per Block)**

**+**

**(De-Compression Time Per Block)**

**X (Number of Blocks in Frame)**

**+**

**(Algorithmic Delay)**

---

**= "Lumped" Coder Delay Parameter**

De uitgestelde gecodeerde voor G.729 die voor de rest van dit document wordt gebruikt is:

Tijd voor slechtste compressie per blok: 10 ms

Decompressietijd per blok x 3 blokken 3 ms

Algoritme vertraging 5 ms —

Totaal (Aantal) 18 ms

### [Vertraging bij productietijd](#)

Packetisering vertraagd ( $\kappa\upsilon\pi\pi\rho\varsigma n$ ) is de tijd die wordt genomen om een pakketlading met gecodeerde/gecomprimeerde spraak te vullen. Deze vertraging is een functie van de grootte van het steekproefblok die door de vocoder wordt vereist en van het aantal blokken dat in één enkel frame wordt geplaatst. Vertraging van de pakketvorming kan ook accumulatievertraging worden genoemd, omdat de spraakmonsters zich in een buffer verzamelen voordat ze worden vrijgegeven.

In het algemeen moet u ernaar streven een pakketvertraging van niet meer dan 30 ms op te lopen. In de router/gateways van Cisco moet u deze cijfers uit Tabel 5.2 gebruiken op basis van de geconfigureerde payload-grootte:

**Tabel 5.2: Gemeenschappelijke Packetisering**

codeur		Hoeveelheid payload (bytes)	Vertraging bij pakketvorming (ms)	Hoeveelheid payload (bytes)	Vertraging bij pakketvorming (ms)
PCM, G.711	64 Kb ps	160	20	240	30
ADPCM, G.726	32 Kb ps	80	20	120	30
CS-ACELP	8, 0	20	20	30	30

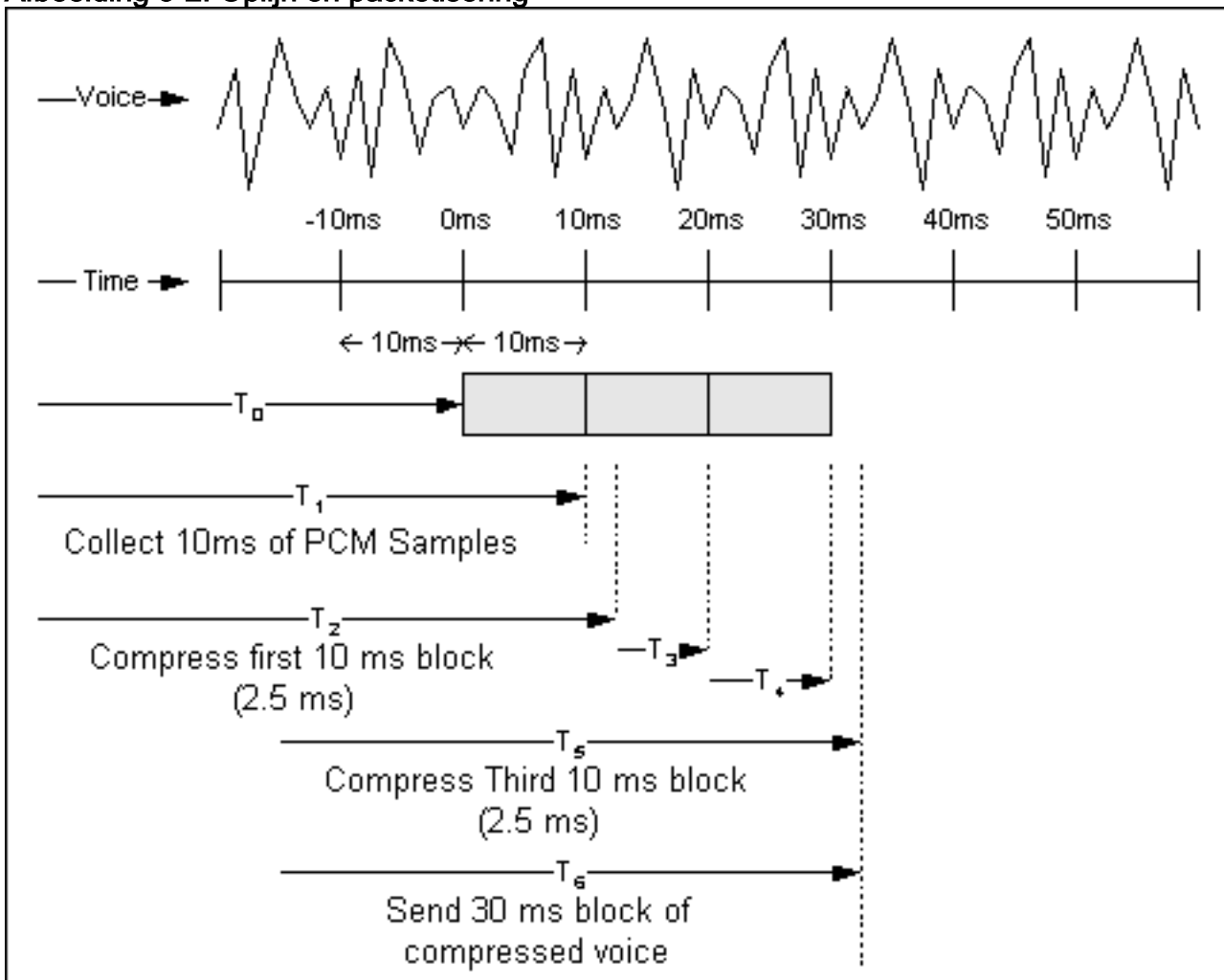
, G.729	Kb ps				
MP- MLQ, G.723. 1	6, 3 Kb ps	24	24	60	48
MP- ACELP , G.723. 1	5, 3 Kb ps	20	30	60	60

U moet de invoervertraging afwegen tegen de CPU-lading. Hoe lager de vertraging, hoe hoger de beeldsnelheid en hoe hoger de lading op de CPU. Op sommige oudere platforms kunnen 20 ms-ladingen de hoofdCPU's potentieel onder druk zetten.

[Uitgestelde pijpleiding in het packetiseringsproces](#)

Hoewel elke spraaksteekproef zowel algoritmische vertraging als vertraging van de pakketvorming ervaart, overlappen de processen in werkelijkheid elkaar en is er een netto voordeel-effect van deze pijpleiding. Neem het voorbeeld in afbeelding 2-1.

**Afbeelding 5-2: Oplijn en packetisering**



De bovenste lijn van de figuur laat een stemgolf van een monster zien. De tweede lijn is een

tijdschaal in stappen van 10 ms. Op  $T_0$  begint het CS-ACELP-algoritme PCM-monsters van de codec te verzamelen. Op  $T_1$  heeft het algoritme zijn eerste blok van 10 ms monsters verzameld en begint het te comprimeren. Bij  $T_2$  is het eerste blok van de monsters samengedrukt. In dit voorbeeld is de compressietijd 2,5 ms, zoals aangegeven door  $T_2 - T_1$ .

De tweede en derde blokken worden verzameld op  $T_3$  en  $T_4$ . Het derde blok wordt gecompriemd op  $T_5$ . Het pakje wordt verzameld en verzonden (verondersteld onmiddellijk te zijn) op  $T_6$ . Vanwege de gepipeliseerde aard van de Compressie- en Packetiseringsprocessen wordt de vertraging vanaf het begin van het proces naar het tijdstip van de verzending van het spraakframe  $T_6 - T_0$  of ongeveer 32,5 ms.

Ter illustratie: dit voorbeeld is gebaseerd op de best denkbare vertraging. Als de slechtst denkbare vertraging wordt gebruikt, is het getal 40 ms, 10 ms voor vertraging van coder en 30 ms voor vertraging van pakketvorming.

Merk op dat deze voorbeelden geen algoritmische vertraging bevatten.

## Servische vertraging

De serialiegasvertraging ( $s_{\text{joor sjoch}}$ ) is de vaste vertraging die vereist is om een spraak- of gegevenskader op de netwerkinterface te klokaliseren. Het is direct gerelateerd aan de kloksnelheid op de kofferbak. Bij lage kloksnelheden en kleine beeldformaten is de extra vlag die nodig is om bepaalde frames af te bakenen, belangrijk.

Tabel 5.3 toont de vertraging die bij verschillende lijnsnelheden is vereist voor het meten van het frame. In deze tabel wordt de totale grootte van het frame en niet de lading voor berekening gebruikt.

Tabel 5.3: Serialisatie-vertraging in Milliseconden voor verschillende frame-afmetingen

Beeldformaat (bytes)	Lijnsnelheid (Kbps)										
	19.2	56	64	128	256	384	512	768	1024	1536	2048
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	146.29	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 .8 8	31 .2 5	23 .4 4	15 .6 3	11 .7 2	7. 77	5. 86
2048	853 .33	292 .57	256 .00	128 .00	64 .0 0	42 .6 7	32 .0 0	21 .3 3	16 .0 0	10 .6 1	8. 00

In de tabel heeft een CS-ACELP-spraakframe met een lengte van 38 bytes (37+1 vlag) op een 64 Kbps lijn een serialisatievertraging van 4,75 ms.

**Opmerking:** de serialibreer vertraging voor een 53-bytes ATM-cel (T1: 0,275 ms, E1: 0,207 ms) is verwaarloosbaar vanwege de hoge snelheid en de kleine celgrootte.

### Wachtrij/buffervertraging

Nadat de gecomprimeerde stemlading is gebouwd, wordt een header toegevoegd en het frame wordt in de wachtrij geplaatst voor transmissie op de netwerkverbinding. Spraak moet absolute prioriteit hebben in de router/poort. Daarom moet een stemframe alleen wachten op een data frame dat al uitspeelt, of op andere spraakframes voorafgaand aan dit frame. In wezen wacht het stemframe op de serialisatievertraging van om het even welke vorige frames in de uitvoerwachtrij. Wachtrij vertraging ( $\beta_n$ ) is een variabele vertraging en is afhankelijk van de snelheid van de romp en de staat van de wachtrij. Er zijn willekeurige elementen gekoppeld aan de wachttijd.

Ga er bijvoorbeeld vanuit dat u op een 64 Kbps lijn staat en dat u in de wachtrij staat achter één gegevensframe (48 bytes) en één spraakframe (42 bytes). Omdat er een willekeurige aard is over hoeveel van het 48 byte frame uitgespeeld heeft, kan je er veilig gemiddeld van uitgaan dat de helft van het data frame uitgespeeld is. Gebaseerd op de gegevens van de rangschikking tabel, is uw component van het gegevensframe  $6 \text{ ms} * 0.5 = 3 \text{ ms}$ . Wanneer u de tijd voor een ander stemframe vooruit in de rij (5,25 ms) toevoegt, geeft dit een totale tijd van 8,25 ms in de wachtrij.

Hoe de wachttijd wordt gekarakteriseerd is tot aan de netwerkingenieur. Over het algemeen moet u het slechtste scenario ontwerpen en vervolgens de prestaties afstemmen nadat het netwerk is geïnstalleerd. Hoe meer spraaklijnen beschikbaar zijn voor de gebruikers, hoe hoger de waarschijnlijkheid dat het gemiddelde stempakket in de rij wacht. Het stemframe wacht vanwege de prioriteitsstructuur nooit achter meer dan één gegevensframe.

### Vertraging van netwerkswitching

Het openbare frame relais of ATM netwerk dat de eindpunten locaties verbindt is de bron van de grootste vertragingen voor spraakverbindingen. De moeilijkst te kwantificeren zijn ook de vertragingen voor Network Switching (FormFiller).

Als de breedgebiedconnectiviteit door Cisco-apparatuur, of een ander privaat netwerk wordt geboden, is het mogelijk om de individuele componenten van vertraging te identificeren. In het algemeen komen de vaste componenten voort uit propagatiedrempels op de stammen binnen het netwerk, en variabele vertragingen zijn van het in de wachtrij plaatsen van vertragingen die frames in en uit intermediaire switches blokkeren. Om de vertraging van de voortplanting in te schatten, wordt op grote schaal gebruik gemaakt van een schatting van 10 microseconden/mijl of 6 microseconden/km (G.114). Intermediaire multiplexing-apparatuur, backhauling, microgolflengtes en andere factoren die in netwerken worden aangetroffen, maken echter veel uitzonderingen.

De andere belangrijke component van vertraging is van het in een rij zetten binnen het grote netwerk. In een privaat netwerk kan het mogelijk zijn bestaande wachttijden te meten of een budget per hop binnen het breedgebiedsnetwerk te schatten.

De typische vertragingen van de vervoerder bij de Amerikaanse frame relais zijn zijn 40 ms vast en 25 ms variabel bij een totale vertraging van 65 ms. Voor de eenvoud zijn in de voorbeelden 6-1, 6-2 en 6-3 alle vertragingen bij de serumlage van 40 ms in aanmerking genomen.

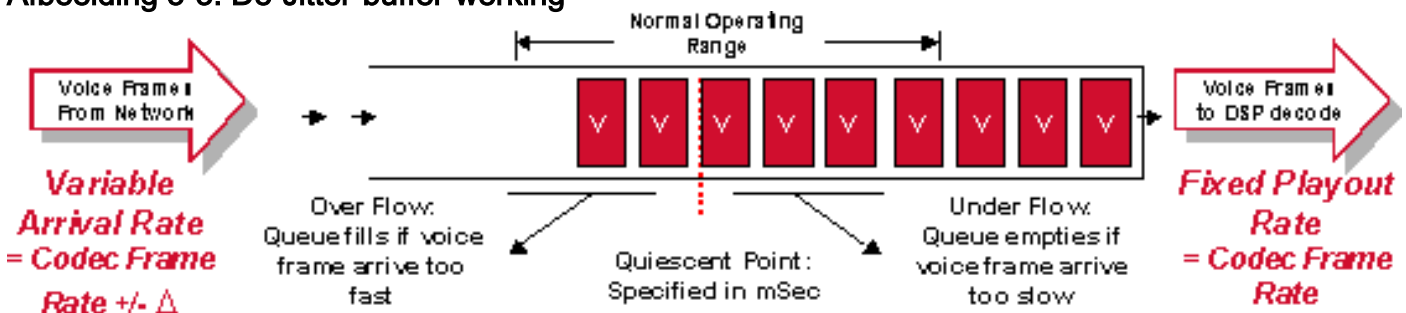
Dit zijn cijfers die zijn gepubliceerd door luchtvaartmaatschappijen van het Amerikaanse Frame Relay-systeem, zodat ze overal in de Verenigde Staten kunnen worden gebruikt. Het is te verwachten dat twee plaatsen die geografisch dicht bij de slechtst denkbare gelegen liggen, beter vertragingenprestaties hebben, maar de vervoerders documenteren doorgaans het slechtste geval.

Frame Relay-vervoerders bieden soms premiediensten aan. Deze services zijn meestal voor spraak- of systeemnetwerkarchitectuur (SNA), waar de netwerkvertraging is gegarandeerd en lager is dan het standaard serviceniveau. Zo kondigde een Amerikaanse luchtvaartmaatschappij onlangs een dergelijke dienst aan met een totale vertraginglimiet van 50 ms, in plaats van de 65 ms van de standaarddienst.

## De-Jitter Delay

Omdat spraak een constante bit-rate service is, moet de parameter van alle variabele vertragingen worden verwijderd voordat het signaal het netwerk verlaat. In de router/gateways van Cisco wordt dit bereikt met een de-jitter ( $\text{meting}_n$ ) buffer op de extreem-end (ontvangende) router/gateway. De de-jitter buffer transformeert de variabele vertraging tot een vaste vertraging. Zij houdt de eerste ontvangen steekproef gedurende een periode vast voordat deze uitvalt. Deze houdingsperiode staat bekend als de eerste uitloopvertraging.

Afbeelding 5-3: De-Jitter-buffer-werking



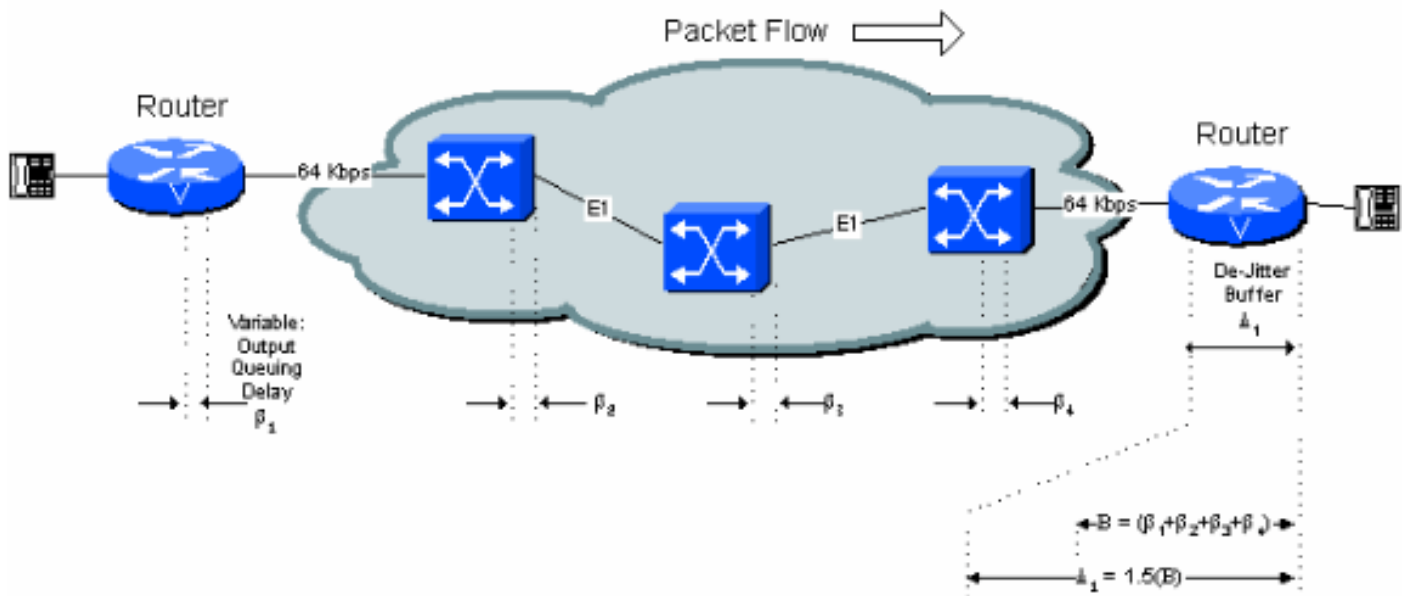
Het is van essentieel belang de dejitterbuffer goed te gebruiken. Als monsters te kort worden gehouden, kunnen afwijkingen in vertraging de buffer mogelijk te laat lopen veroorzaken en leemten in de toespraak veroorzaken. Als de steekproef te lang wordt gehouden, kan de buffer overlopen, en de geworpen pakketten veroorzaken opnieuw leemtes in de toespraak. Ten slotte kan de totale vertraging van de verbinding onacceptabel zijn wanneer pakketjes te lang worden bewaard.

De optimale initiële uitspeelvertraging voor de de-jitter buffer is gelijk aan de totale variabele vertraging langs de verbinding. Dit wordt getoond in figuur 5-4.

**Opmerking:** de-jitter-buffers kunnen aan de lijn worden aangepast, maar de maximale vertraging is ingesteld. Als adaptieve buffers worden ingesteld, wordt de vertraging een veranderlijk getal. De maximale vertraging kan echter worden gebruikt als ergste geval voor ontwerpdoeleinden.

Raadpleeg voor meer informatie over adaptieve buffers de [verbeteringen](#) in de [playout-startvertraging voor Voice-over-IP](#).

Afbeelding 5-4: Variabele vertraging en de de-Jitter-buffer



De eerste uitloopvertraging is configureerbaar. De maximale diepte van de buffer voordat deze overstroomt wordt normaal ingesteld op 1,5 of 2,0 maal deze waarde.

Als de nominale vertraginginstelling van 40 ms wordt gebruikt, wordt het eerste ontvangen stemmonster, wanneer de de-jitterbuffer leeg is, gedurende 40 ms bewaard voordat het wordt uitgespeeld. Dit impliceert dat een volgend pakket dat van het netwerk wordt ontvangen 40 ms vertraging kan hebben (met betrekking tot het eerste pakket) zonder verlies van spraakcontinuïteit. Als de buffer meer dan 40 ms is uitgesteld, worden de de-jitter-buffers en het volgende ontvangen pakket 40 ms vastgehouden voordat u de buffer opnieuw instelt. Dit resulteert in een kloof in de stem die gedurende ongeveer 40 ms wordt weergegeven.

De eigenlijke bijdrage van de de-jitterbuffer aan de vertraging is de initiële uitspeelvertraging van de de-jitter buffer plus het eigenlijke bedrag dat het eerste pakket in het netwerk werd opgeslagen. Het slechtste geval is tweemaal de de-jitter buffer eerste vertraging (veronderstelling is dat het eerste pakket door het netwerk slechts minimale buffervertraging ertoptrad). In de praktijk is het in een aantal switches van het netwerk waarschijnlijk niet nodig om het slechtste geval aan te nemen. De berekeningen in de overige voorbeelden van dit document vergroten de aanvankelijke vertraging met een factor 1,5 om dit mogelijk te maken.

**Opmerking:** In de ontvangende router/poort is er vertraging door de decompressie-functie. Hiermee wordt echter wel rekening gehouden door deze te combineren met de vertraging van de compressieverwerking zoals eerder besproken.

## [Stel een vertragingbegroting in](#)

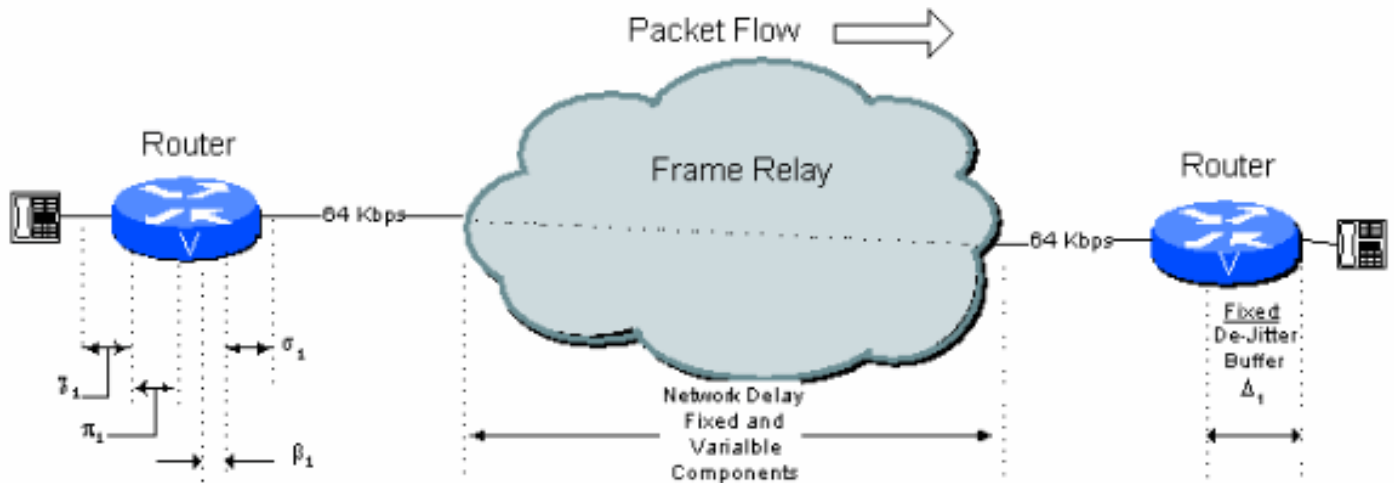
De algemeen geaccepteerde limiet voor de vertraging van spraakverbinding van goede kwaliteit is eenrichtingsverkeer van 200 ms (of 250 ms als limiet). Als de vertragingen boven dit getal oplopen, worden sprekers en luisteraars niet-gesynchroniseerd en vaak spreken ze tegelijkertijd, of beiden wachten tot de ander spreekt. Deze aandoening wordt vaak 'talker overlap' genoemd. Hoewel de kwaliteit van de stemmen over het geheel genomen aanvaardbaar is, vinden gebruikers de gespannen aard van het gesprek soms onaanvaardbaar. Overlap van gesprekken

kan worden waargenomen bij internationale telefoongesprekken die via satellietverbindingen reizen (de vertraging per satelliet is ongeveer 500 ms, 250 ms omhoog en 250 ms omlaag).

Deze voorbeelden illustreren verschillende netwerkconfiguraties en de vertragingen waarmee de netwerkontwerper rekening moet houden.

## Verbinding met één schap

Afbeelding 6 - 1: Enkelvoudige hop-voorbeeldverbinding



Op basis van dit cijfer kan een typische één-hopverbinding via een openbare frame relais de vertragingbegroting hebben zoals weergegeven in Tabel 6.1.

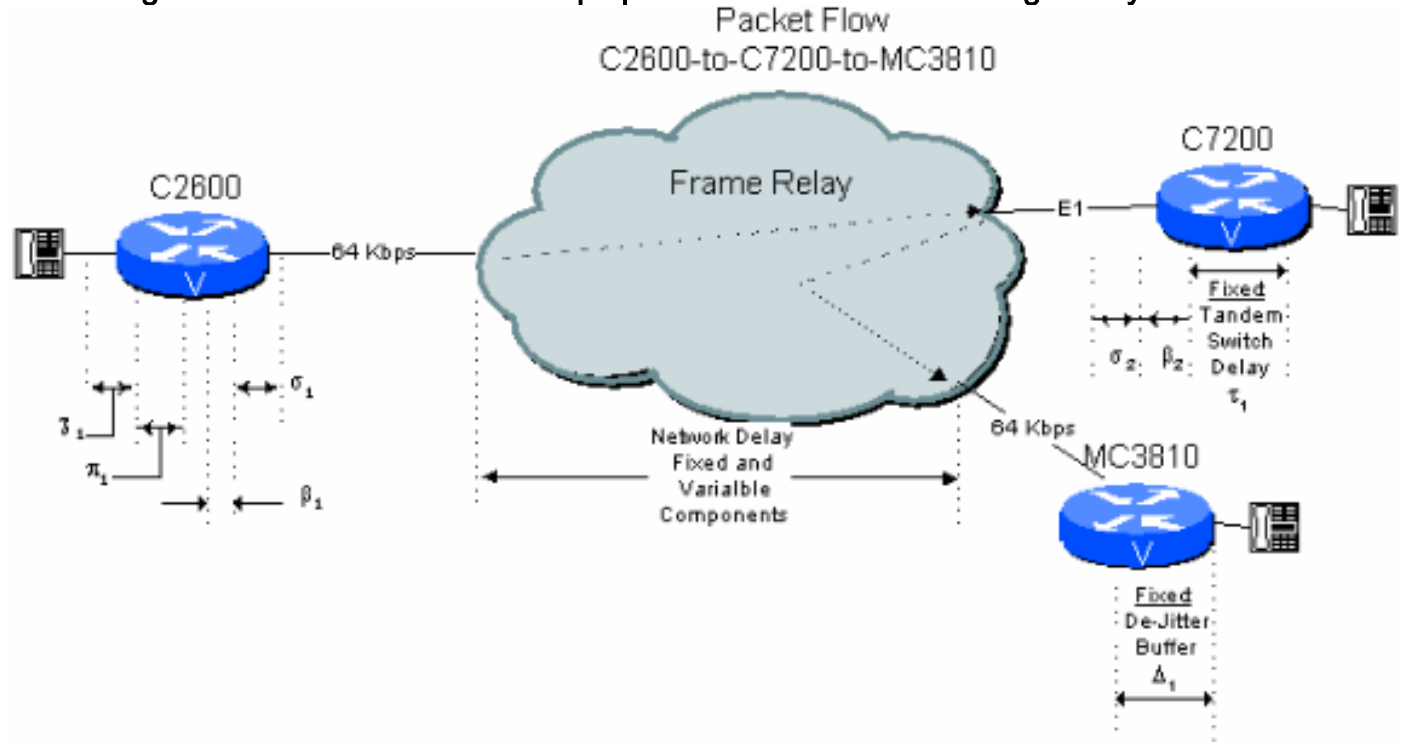
Tabel 6.1: Berekening van één hop

Type vertraging	Vaste activa (ms)	Variabele (ms)
Vertraging coder, bereik <sub>1</sub>	18	
Vertraging bij pakketvorming, $\pi_1$	30	
Wachtrij/buffering, $\beta_1$		8
Serialization Delay (64 kbps), $\sigma_1$	5	
Netwerkvertraging (openbaar frame), oproepen <sub>1</sub>	40	25
De-jitter Buffer-vertraging, afbeelding <sub>1</sub>	45	
Totalen	138	33

**Opmerking:** Aangezien de wachttijd en de variabele component van de netwerkvertraging al zijn meegerekend in de bufferberekeningen van de jitter, is de totale vertraging in feite alleen de som van alle vaste vertraging. In dat geval is de totale vertraging 138 ms.

## Twee hop op een openbaar netwerk met een C7200 die als een Switch in een Tandem werkt

Afbeelding 6 - 2: Voorbeeld van twee hop openbaar netwerk met router/gateway-modem



Denk nu aan een tak-aan-tak verbinding in een netwerk van steropologie waar de C7200 in de plaats van het hoofdkwartier de vraag aan de bestemmingstak vormt. In dit geval blijft het signaal in gecomprimeerde vorm via de centrale C7200. Dit leidt tot aanzienlijke besparingen in de vertragingbegroting met betrekking tot het volgende voorbeeld, de verbinding van twee hop over een openbaar netwerk met een PBX-tandemmodulatie.

Tabel 6.2: Berekening van twee hop-openbaarheid van netwerkvertraging met router/gateway

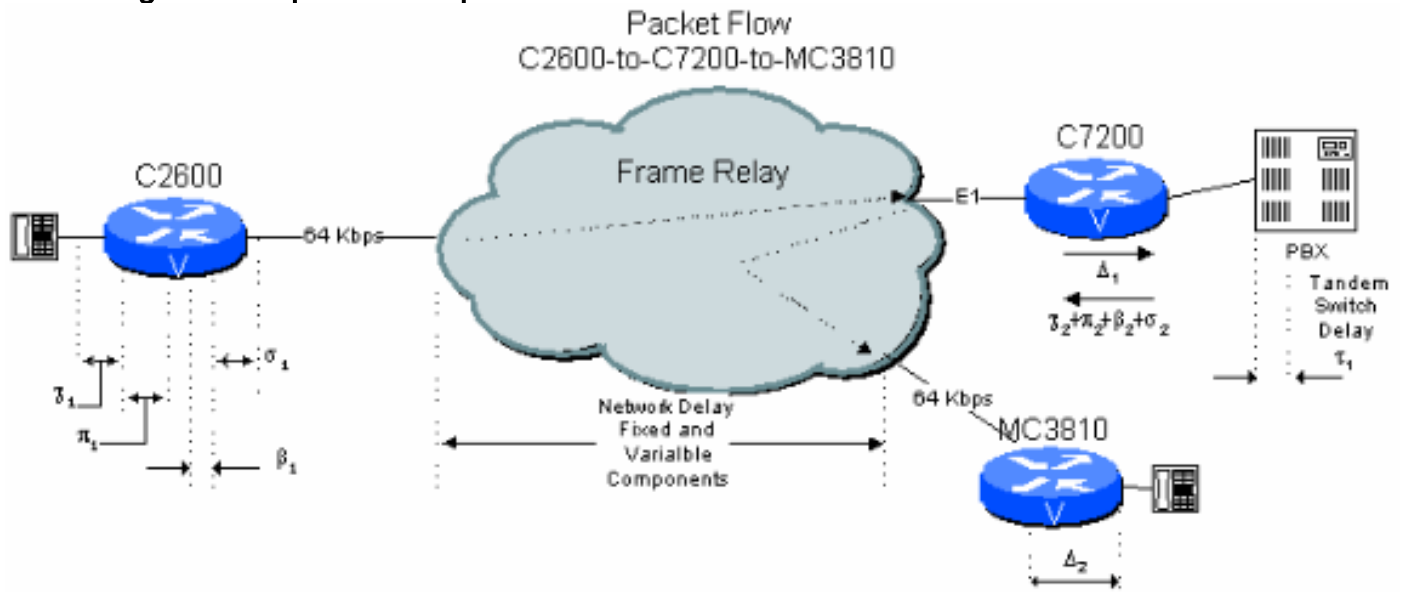
Type vertraging	Vaste activa (ms)	Variabele (ms)
Vertraging coder, bereik <sub>1</sub>	18	
Vertraging bij pakketvorming, $\pi_1$	30	
Wachtrij/buffering, $\beta_1$		8
Serialization Delay (64 kbps), $\sigma_1$	5	
Netwerkvertraging (openbaar frame), oproepen <sub>1</sub>	40	25
Vertraging van de Tandem in MC3810, $\tau_1$	1	
Wachtrij/buffering, $\beta_2$		0.2
Serialisatievertraging (2 Mbps), $\sigma_2$	0.1	
Netwerkvertraging (openbaar frame), oproepen <sub>2</sub>	40	25
De-jitter Buffer-vertraging,	75	

afbeelding <sub>1</sub>		
Totalen	209.1	58.2

**Opmerking:** Aangezien de wachttijd en de variabele component van de netwerkvertraging al zijn meegerekend in de bufferberekeningen van de jitter, is de totale vertraging in feite alleen de som van alle vaste vertraging. In dit geval is de totale vertraging 209,1 ms.

**Verbinding met twee aansluitingen via een openbaar netwerk met een PBX-Switch**

**Afbeelding 6-3: 2 hop met een openbaar netwerkvoorbeeld met een PBX-modem**



Neem een tak-aan-tak verbinding in een netwerk van het tak-aan-hoofdkwartier waar de C7200 op de plaats van het hoofdkwartier de verbinding door naar het hoofdkwartier PBX voor omschakeling passeert. Hier moet het stemsignaal worden gedecomprimeerd en gedesjitterd en dan opnieuw gecompriemd en gedesjitterd. Dit leidt tot extra vertragingen in vergelijking met het vorige voorbeeld. Daarnaast verminderen de twee CS-ACELP compressiecycli de spraakwaliteit (zie effecten van meerdere compressiecycli).

**Tabel 6.3: Berekening van twee hop voor openbare netwerkvertraging met PBX-modem**

Type vertraging	Vaste activa (ms)	Variabele (ms)
Vertraging coder, bereik <sub>1</sub>	18	
Vertraging bij pakketvorming, $\pi_1$	30	
Wachtrij/buffering, $\beta_1$		8
Serialization Delay (64 kbps), $\sigma_1$	5	
Netwerkvertraging (openbaar frame), oproepen <sub>1</sub>	40	25
De-jitter Buffer-vertraging, afbeelding <sub>1</sub>		40

Coderingsvertraging, bereik <sub>2</sub>	15	
Vertraging bij pakketvorming, $\pi_2$	30	
Wachtrij/buffering, $\beta_2$		0.1
Serialisatievertraging (2 Mbps), $\sigma_2$	0.1	
Netwerkvertraging (openbaar frame), oproepen <sub>2</sub>	40	25
De-jitter Buffer Delay, $\gamma_2$	40	
Totalen	258.1	58.1

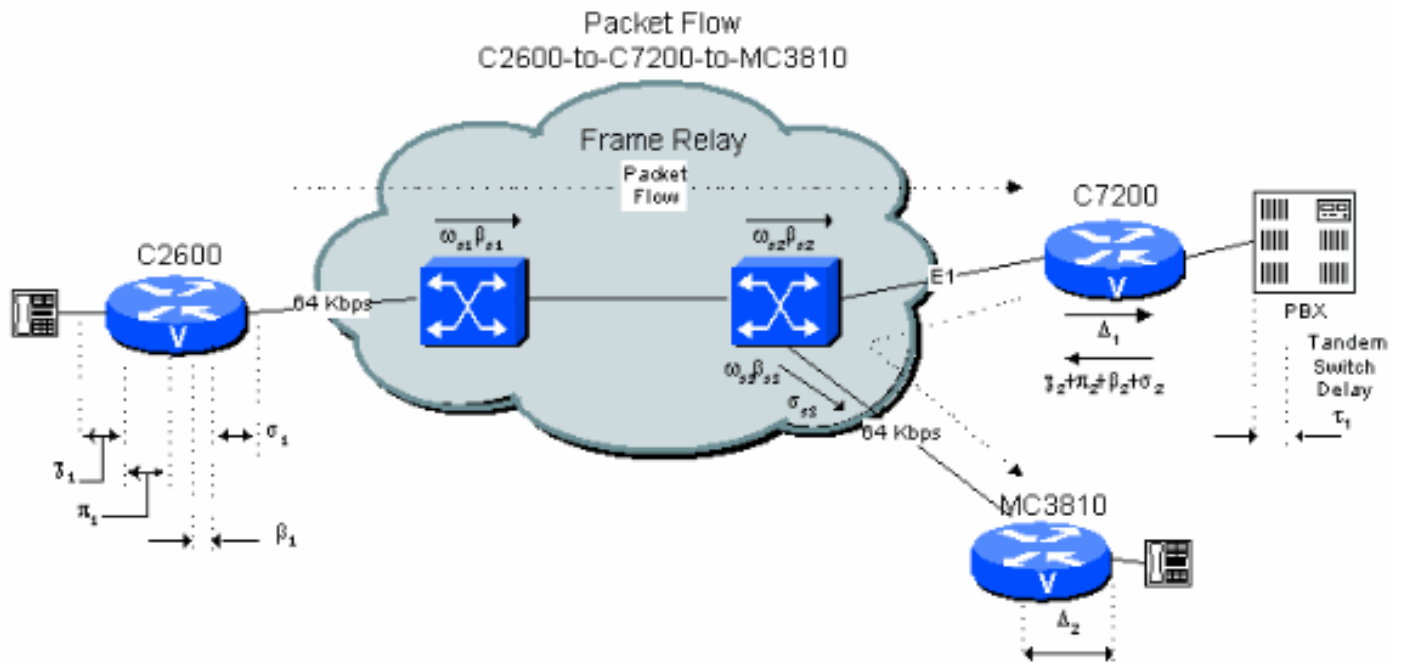
**Opmerking:** Aangezien de wachttijd en de variabele component van de netwerkvertraging al zijn meegerekend in de bufferberekeningen van de jitter, is de totale vertraging in feite alleen de som van alle vaste vertraging plus de dejitter-buffervertraging. In dit geval is de totale vertraging 258,1 ms.

Als u de PBX als switch op de centrale locatie gebruikt, wordt de verbindingsvertraging van 206 ms naar 255 ms verhoogd. Dit ligt dicht bij de ITU-limieten voor eenrichtingsvertraging. Dit type netwerkconfiguratie vereist dat de ingenieur nauwkeurig op ontwerp let voor een minimum vertraging.

Het slechtst denkbare geval wordt aangenomen voor variabele vertraging (hoewel beide benen op het openbare netwerk niet gelijktijdig maximale vertragingen zien). Als je optimistischer aannames maakt over de variabele vertragingen, dan verbetert die slechts minimaal de situatie. Maar met betere informatie over de vaste en variabele vertraging in het frame relaisnetwerk van de vervoerder, kan de berekende vertraging worden verminderd. Plaatselijke verbindingen (bijvoorbeeld binnen de staat) zullen naar verwachting veel betere vertragingsskenmerken hebben, maar de vervoerders zijn vaak terughoudend om vertragingsslimieten te geven.

### [Verbinding met twee aansluitingen via een privaat netwerk met een PBX-Switch voor modem](#)

Afbeelding 6-4: Twee voorbeelden van Hop Private Network met PBX-modem



Voorbeeld 4.3 toont aan dat, met de veronderstelling van de ergste vertragingen, het zeer moeilijk is om de berekende vertraging onder 200 ms te houden wanneer een tak-to-tak verbinding een PBX-modem op de centrale plaats omvat met openbare frame-relaisnetverbindingen aan beide zijden. Als de netwerktopologie en het verkeer echter bekend zijn, is het mogelijk het berekende cijfer aanzienlijk te verlagen. Dit komt doordat de cijfers die de vervoerders over het algemeen geven, beperkt zijn door de slechtst denkbare transmissies en de wachttijden in een groot gebied. Het is veel gemakkelijker om in een particulier netwerk redelijke grenzen te stellen.

Het algemeen aanvaarde cijfer voor de transmissievertraging tussen switches is ongeveer 10 microseconden/mijl. Op basis van de apparatuur moet de vertraging van de trans-switch in een frame-relais in de orde van 1 ms en 5 ms voor de wachtrij staan. Deze cijfers zijn apparatuur en verkeersafhankelijk. De vertragingcijfers voor de Cisco MGX WAN-Switches zijn minder dan 1 ms per switch in totaal als E1/T1-stammen worden gebruikt. Met veronderstelling van 500 mijl afstand, met 1 ms vaste en 5 ms variabele voor elke hop, wordt de vertragingberekening:

Tabel 6.4: twee Hop Private Network Delay Calculator met PBX-modem

Type vertraging	Vaste activa (ms)	Variabele (ms)
Vertraging coder, bereik <sub>1</sub>	18	
Vertraging bij pakketvorming, $\pi_1$	30	
Wachtrij/buffering, $\beta_1$		8
Serialization Delay (64 kbps), $\sigma_1$	5	
Netwerkvertraging (privéframe), nr. $S_1 + \beta_{S_1} + N_2 + \beta_{S_2}$	2	10
De-jitter Buffer-vertraging, afbeelding $_1$	40	
Coderingsvertraging, bereik <sub>2</sub>	15	



Vertraging bij pakketvorming, $\pi_2$	30	
Wachtrij/buffering, $\beta_2$		0.1
Serialisatievertraging (2 Mbps), $\sigma_2$	0.1	
Netwerkvertraging (privéframe), $\pi_{SS3} + \beta_{SS3}$	1	8
Serialization Experience (64 kbps) $\sigma_{SS3}$	5	
De-jitter Buffer Delay, $\pi_2$	40	
Vertraging/afstand (niet uitgesplitst)	5	
Totalen	191.1	26.1

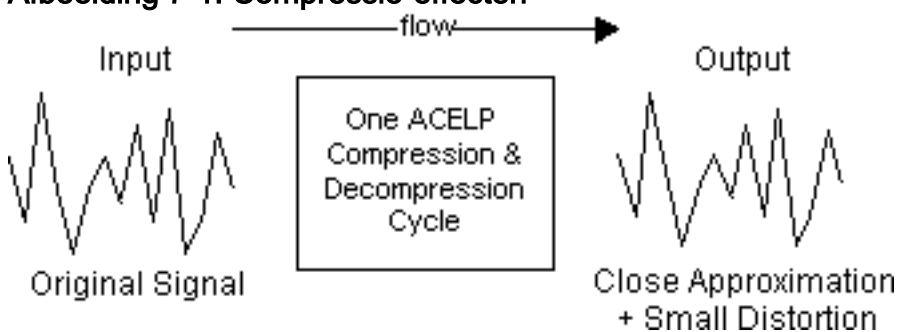
**Opmerking:** Aangezien de wachttijd en de variabele component van de netwerkvertraging al zijn meegerekend in de bufferberekeningen van de jitter, is de totale vertraging alleen de som van alle vaste vertraging. In dit geval is de totale vertraging 191,1 ms.

Wanneer u over een privé frame relaisnetwerk loopt, is het mogelijk om een sprak-aan-sprak verbinding door de PBX op de hub plaats te maken en binnen de 200 ms figuur te blijven.

## Effecten van meerdere compressiecycli

De CS-ACELP-compressiemethoden zijn niet deterministisch. Dit betekent dat de invoergegevensstroom niet precies hetzelfde is als de uitvoergegevensstroom. Bij elke compressiecyclus wordt een kleine hoeveelheid vervorming toegevoegd zoals in afbeelding 7-1.

**Afbeelding 7-1: Compressie-effecten**



Als gevolg daarvan introduceren meerdere CS-ACELP compressiecycli snel belangrijke vervormingsniveaus. Dit extra vervormingseffect is niet zo uitgesproken met ADPCM-algoritmen (adaptive differential pulse code modulation).

Het effect van dit kenmerk is dat de netwerkontwerper, naast de effecten van de vertraging, het aantal CS-ACELP compressiecycli in het pad in aanmerking moet nemen.

Spraakqualiteit is subjectief. De meeste gebruikers vinden dat twee compressiecycli nog steeds een adequate spraakqualiteit bieden. Een derde compressiecyclus levert doorgaans een aanzienlijke achteruitgang op, wat voor sommige gebruikers onaanvaardbaar is. Als regel moet de netwerkontwerper het aantal CS-ACELP compressiecycli in een pad naar twee beperken. Als er

meer programma's moeten worden gebruikt, laat u dit eerst door de klant horen.

In de vorige voorbeelden wordt aangetoond dat wanneer een tak-naar-tak-verbinding op de hoofdzetel wordt gecompenseerd door de PBX (in PCM-vorm), deze veel meer vertraging ondervindt dan wanneer zij in het hoofdkwartier C7200 werd gekanaliseerd. Het is duidelijk dat wanneer de PBX wordt gebruikt om te switches, er twee CS-ACELP-compressiecycli in het pad zijn, in plaats van één stem wanneer de framed-stem De spraakqualiteit is beter met het C7200-geschakelde voorbeeld (4.2), hoewel er andere redenen kunnen zijn, zoals het aanroepen van het plannenbeheer, die kunnen vereisen dat de PBX in het pad wordt opgenomen.

Als een tak-aan-tak verbinding door een centrale PBX wordt gemaakt, en van de tweede tak wordt de vraag uitgebreid over het openbare stemnetwerk en dan op een mobiel telefoonnetwerk eindigt, zijn er drie CS-ACELP compressiecycli in het pad, evenals aanzienlijk hogere vertraging. In dit scenario wordt de kwaliteit duidelijk beïnvloed. Nogmaals, de netwerkontwerper moet de slechtst denkbare weg van de vraag in overweging nemen en besluiten of het aanvaardbaar is gezien het gebruikersnetwerk, de verwachtingen, en de bedrijfsvereisten.

## [Opmerkingen voor snelle verbindingen](#)

Het is relatief gemakkelijk om pakketspraaknetwerken te ontwerpen die de ITU-standaard overschrijden en die gewoonlijk 150 ms met een eenmalige vertraging zijn geaccepteerd.

Wanneer u pakketspraaknetwerken ontwerpt, moet de engineer overwegen hoe vaak een dergelijke verbinding gebruikt wordt, wat de gebruiker nodig heeft en welk type zakelijke activiteit er betrokken is. Het is niet ongewoon dat dergelijke verbindingen in bepaalde omstandigheden aanvaardbaar zijn.

Als de frame relais verbindingen geen grote afstand oversteken, is het zeer waarschijnlijk dat de vertragingsprestaties van het netwerk beter zijn dan die in de voorbeelden worden getoond.

Als de totale vertraging die wordt ervaren door tandem router/poort-verbindingen te groot wordt, kan een alternatief vaak zijn om extra permanente virtuele circuits (PVC's) rechtstreeks tussen de beëindigen MC3810s te configureren. Dit brengt terugkerende kosten voor het netwerk met zich mee, aangezien de dragers gewoonlijk per PVC kosten, maar in sommige gevallen kan dit noodzakelijk zijn.

## [Gerelateerde informatie](#)

- [Internationale Telecommunicatie-unie](#)
- [Ondersteuning voor spraaktechnologie](#)
- [Productondersteuning voor spraak en Unified Communications](#)
- [Probleemoplossing voor Cisco IP-telefonie](#)
- [Technische ondersteuning - Cisco-systemen](#)