

VoIP via Frame Relay met Quality-of-Service (fragmentatie, traffic shaping, LLQ/IP RTP-prioriteit)

Inhoud

[Inleiding](#)

[Voorwaarden](#)

[Vereisten](#)

[Gebruikte componenten](#)

[Conventies](#)

[QoS-ontwerprichtsnoeren voor VoIP via Frame Relay](#)

[strikte prioriteit voor spraakverkeer \(LLQ of IP RTP-prioriteit\)](#)

[FRTS voor spraak](#)

[Fragmentatie \(FRF.12\)](#)

[Bandbreedtereductie](#)

[Configureren](#)

[LLQ](#)

[IP RTP-prioriteit](#)

[Traffic Shaping voor spraak](#)

[Fragmentatie \(FRF.12\)](#)

[Netwerkdigram](#)

[Configuraties](#)

[Probleemoplossing controleren](#)

[LLQ/IP RTP-prioriteitsopdrachten](#)

[Fragmentation-opdrachten](#)

[Frame Relay/interfaceopdrachten](#)

[Bekende problemen](#)

[Uitvoer van opdracht tonen en debug](#)

[Gerelateerde informatie](#)

Inleiding

Dit document toont Voice-over-IP (VoIP) via een Frame Relay-netwerkvoorbeeldconfiguratie met Quality of Service (QoS). Dit document bevat achtergrondtechnische informatie over de geconfigureerde functies, ontwerprichtlijnen en basisstrategieën voor verificatie en probleemoplossing.

Het is belangrijk om op te merken dat de configuratie in dit document twee spraakrouters heeft die worden aangesloten op het Frame Relay-netwerk. In veel topologieën echter, kunnen de stem toegelaten routers overal bestaan. Normaal gesproken gebruiken de spraakrouters LAN-

connectiviteit op andere routers die worden aangesloten op WAN. Dit is belangrijk omdat als uw spraakrouters niet rechtstreeks verbonden zijn met het Frame Relay-netwerk, alle WAN-configuratieopdrachten moeten zijn geconfigureerd op die routers die worden aangesloten op WAN, en niet op de spraakrouters, zoals wordt getoond in de configuraties in dit document.

Voorwaarden

Vereisten

Er zijn geen specifieke vereisten van toepassing op dit document.

Gebruikte componenten

De informatie in dit document is gebaseerd op de volgende software- en hardware-versies:

- Cisco 3640 router met Cisco IOS® software release 12.2.6a (Enterprise Plus)
- Cisco 2621 router met Cisco IOS-software release 12.2.6a (Enterprise Plus)
- LLQ-wachtrij (Low Latency Queueing) voor Frame Relay permanente virtuele circuits (PVC's). Dit wordt geïntroduceerd in Cisco IOS-software release 12.1(2)T.
- Frame Relay IP Real-Time Transport Protocol (RTP) Prioriteit die wordt geïntroduceerd in Cisco IOS-software release 12.0(7)T.
- Frame Relay Forum (FRF).12 Fragmentation die in Cisco IOS-software release 12.0(4)T wordt geïntroduceerd.
- Cisco IOS-software releases later dan 12.0.5T bevatten belangrijke verbeteringen van de prestaties voor gecombineerde RTP (cRTP).

De informatie in dit document is gebaseerd op de apparaten in een specifieke laboratoriumomgeving. Alle apparaten die in dit document worden beschreven, hadden een opgeschoonde (standaard)configuratie. Als uw netwerk live is, moet u de potentiële impact van elke opdracht begrijpen.

Conventies

Raadpleeg [Cisco Technical Tips Conventions](#) (Conventies voor technische tips van Cisco) voor meer informatie over documentconventies.

QoS-ontwerprichtsnoren voor VoIP via Frame Relay

Er zijn twee basisvereisten voor een goede spraakkwaliteit:

- Minimale [end-to-end vertraging](#) en [voorkoming van oponthoud](#) (vertragingsvariatie).
- Geoptimaliseerde en correct gemanipuleerde vereisten voor linkbandbreedte

Gebruik deze richtsnoren om de bovengenoemde eisen te waarborgen:

- [strikte prioriteit voor Voice Traffic LLQ of IP RTP-prioriteit](#)
- [Frame Relay Traffic Shaping \(FRTS\) voor spraak](#)
- [Fragmentation FRF.12](#)
- [Bandbreedtereductie](#)

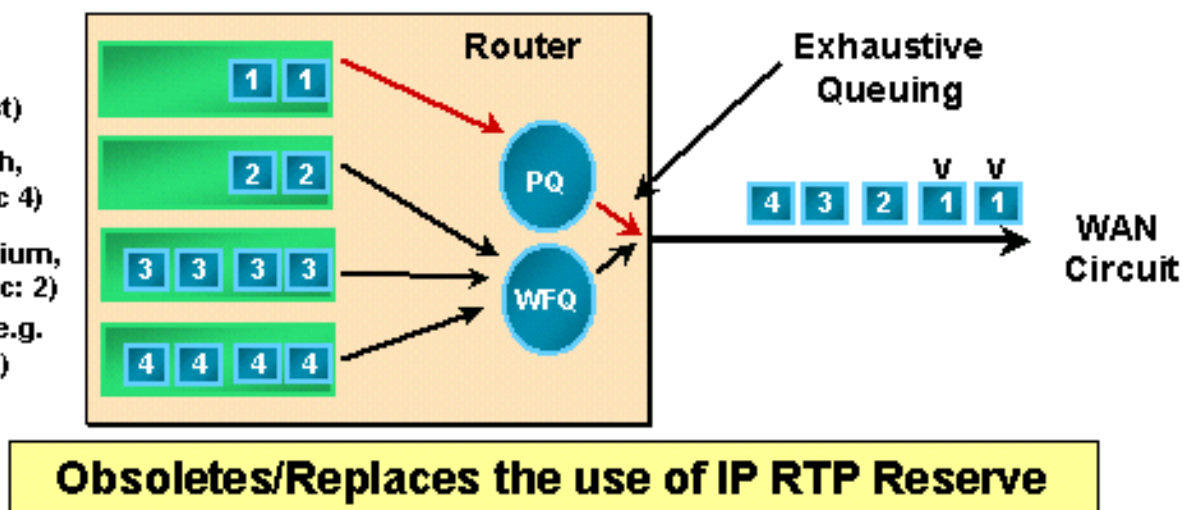
strikte prioriteit voor spraakverkeer (LLQ of IP RTP-prioriteit)

Er zijn twee primaire methoden om een strikte prioriteit te geven aan spraakverkeer:

- IP RTP-prioriteit (ook aangeduid als Prioritaire wachtrij/Weighted Fair Queuing (PQ/WFQ))
- LLQ (ook wel PQ / Class Based Weighted Fair Queuing genoemd)

IP RTP-prioriteit

Frame Relay IP RTP-prioriteit creëert een strikte prioriteitswachtrij voor Frame Relay PVC voor een reeks RTP-pakketstromen die behoren tot een reeks UDP-doelpoorten (User Datagram Protocol). Terwijl de eigenlijke gebruikte poorten dynamisch tussen eindapparaten of gateways worden onderhandeld, gebruiken alle Cisco VoIP-producten hetzelfde UDP-poortbereik (16384 tot en met 32767). Zodra de router het VoIP-verkeer herkent, plaatst hij het in het strikte PQ. Wanneer het PQ leeg is, worden de andere wachtrijen verwerkt op basis van standaard [WFQ](#). IP RTP-prioriteit wordt niet actief totdat er sprake is van congestie in de interface. Dit beeld illustreert de werking van IP RTP-prioriteit:



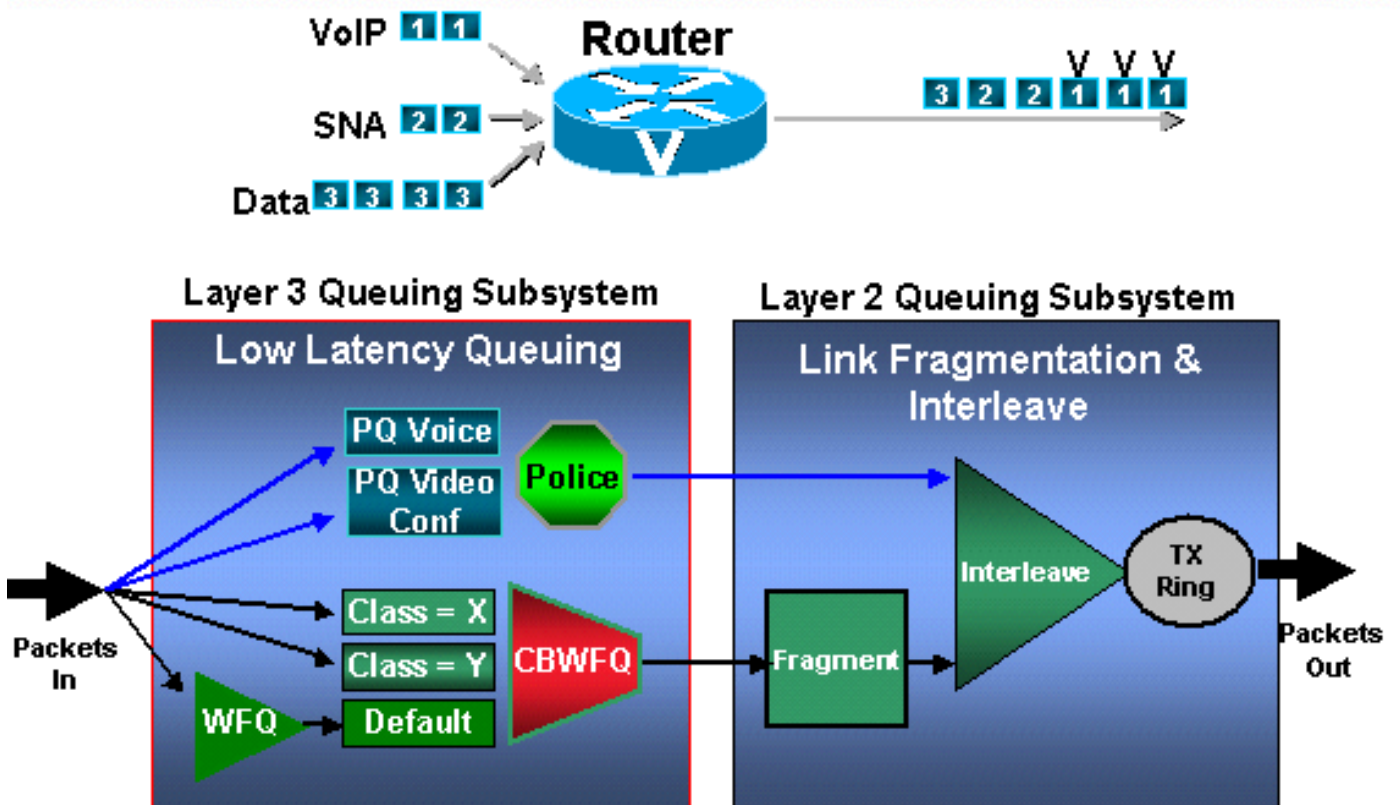
Opmerking: Met IP RTP-prioriteit kan het PQ barsten wanneer er beschikbare bandbreedte in de standaardwachtrij (WFQ) is. Het controleert echter strikt de inhoud van het PQ wanneer er sprake is van congestie op de interface.

LLQ

LLQ is een functie die een strikt PQ aan CBWFQ biedt. LLQ maakt één strikt PQ binnen CBWFQ op klassenniveau mogelijk. Met LLQ worden de vertraginggevoelige gegevens (in het PQ) eerst gedewachtrij geplaatst en verstuurd. In een VoIP met LLQ implementatie, wordt het spraakverkeer in het strikte PQ geplaatst.

Het PQ wordt gecontroleerd om te verzekeren dat de eerlijke rijen niet van bandbreedte uitgehongerd worden. Wanneer u de PQ vormt, specificeert u, in Kbps, de maximale hoeveelheid bandbreedte beschikbaar aan de PQ. Wanneer de interface wordt geblokkeerd, wordt op de PQ onderhoud uitgevoerd totdat de lading de geconfigureerde Kbps-waarde in de prioriteitsverklaring bereikt. Het overmatige verkeer wordt dan ingetrokken om het probleem met de prioriteit-groepsfunctie van Cisco van het verhongeren van de lagere PQ's te voorkomen.

Opmerking: met LLQ voor Frame Relay worden de wachtrijen per PVC ingesteld. Elk PVC heeft een PQ en een toegewezen aantal eerlijke rijen.



Deze methode is complexer en flexibeler dan IP RTP-prioriteit. De keuze tussen de methoden moet zijn gebaseerd op de verkeerspatronen in uw echte netwerk en op uw behoeften.

LLQ vs. IP RTP-prioriteit

Deze tabel geeft een samenvatting van de belangrijkste verschillen tussen de LLQ- en IP RTP-prioriteit en geeft richtlijnen voor het gebruik van elke methode.

LLQ	IP RTP-prioriteit
<p>Overeenkomend met spraakverkeer op basis van:</p> <ul style="list-style-type: none"> Toegangslijsten. <p>Bijvoorbeeld: UDP-poortbereik, hosts-adressen, IP-headertype of Service (ToS) velden (bijvoorbeeld</p>	<p>Overeenkomend met spraakverkeer op basis van:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gebaseerd op RTP / UDP poortbereik: 16384-32767 <p>Voordelen: Eenvoudige configuratie.</p> <p>Nadelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Real Time Control Protocol (RTCP)-verkeer (VoIP-signalering) dat in een WFQ-wachtrij wordt geplaatst. <p>Opmerking: Het RTP-protocol gebruikt RTCP om de levering van RTP-pakketten te controleren. Terwijl RTP-poorten even getallen gebruiken, gebruiken RTCP-poorten oneven getallen binnen het bereik van 16384-32767. IP RTP-prioriteit plaatst RTP-poorten in het PQ</p>

<p> Id IP-voorrang, Gedifferentieerd servicesco depoint (DSCP). </p> <ul style="list-style-type: none"> • IP RTP-poortbereik . • IP naar S-velden: DSCP en/of IP-voorrang. • Protocols en invoerinterfases. • Alle geldige matchcriteria die in CBWFQ worden gebruikt. <p>Voordelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meer flexibiliteit bij de manier waarop verkeer wordt afgestemd op en gericht op het strikte PQ en CBWFQ. • Kan extra klassen configureren om bandbreedte voor ander 	<p> terwijl RTCP-poorten worden gediend in de standaard WFQ. </p> <ul style="list-style-type: none"> • Serveert VoIP-verkeer in het PQ. Elk ander verkeer dat een voorkeursbehandeling en bandbreedtegarantie nodig heeft, wordt echter in WFQ verzorgd. Terwijl WFQ stromen met gewichten kan differentiëren (gebaseerd op IP-voorrang), <i>kan</i> het <i>geen</i> bandbreedtegarantie voor elke stroom garanderen.
---	--

<p>verkeer zoals VoIP-signalering en video te waarborgen.</p> <p>Nadelen: Complexe configuratie.</p>	
<p>Richtsnoeren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De keuze tussen de verschillende patronen moet zijn gebaseerd op de verkeerspatronen in uw echte netwerk en op uw behoeften. • Als u strikte prioriteit aan uw stemverkeer moet geven, en ander verkeer kan als één type (gegevens) worden behandeld, dan doet de prioriteit van IP RTP een goed werk voor uw netwerk met een eenvoudige configuratie. • Als u van plan bent om prioriteit te geven aan spraakverkeer op basis van andere criteria dan UDP-poorten. Bijvoorbeeld, gedifferentieerde services (DiffServ) per hop gedrag (PHB) en LLQ. 	

[FRTS voor spraak](#)

FRTS verstrekt parameters die nuttig zijn om netwerkverkeersopstoppingen te beheren. FRTS heft knelpunten in Frame Relay-netwerken op met snelle verbindingen naar de centrale locatie en snelle verbindingen naar de filialen. U kunt waarden voor snelheidscontrole configureren om het tempo te beperken waarmee gegevens vanuit het virtuele circuit (VC) worden verzonden op de centrale site.

Deze definities houden verband met FRTS:

- **Committed Information Rate (CIR)-tarief** (bits per seconde) van de Frame Relay-provider-garanties voor gegevensoverdracht. De CIR-waarden worden ingesteld door de Frame Relay-serviceprovider en ingesteld door de gebruiker op de router. **Opmerking:** het poort/interface-toegangstarief kan hoger zijn dan CIR. Het tarief wordt gemiddeld over een periode van vaste meetintervallen (T_c) berekend.
- **Committed Burst (BC)**-Maximum aantal bits van het Frame Relay-netwerk verbindt zich om via een TAC over te brengen. $T_c = B_c / CIR$.
- **Overschrijding (Verbonden)**—Het maximale aantal niet geëngageerde bits het Frame Relay-switch probeert via de TAC over te dragen.
- **Committed Rate Measurement Interval (T_c)**—Time interval waarover bc of $(bc + BE)$ bits worden verzonden. T_c wordt berekend als $T_c = B_c / CIR$. De TCP-waarde wordt niet rechtstreeks op Cisco-routers ingesteld. Het wordt berekend nadat de B_c - en CIR-waarden zijn ingesteld. T_c mag niet meer dan 125 ms bedragen.
- **Backwards Expliciet Congestion Message (BECN)** - Een bit in de Frame Relay-frameheader die melding van congestie in het netwerk aangeeft. Wanneer een Frame Relay-switch

congestie herkent, stelt deze het BECN-bit in op frames die voor de bronrouter zijn bestemd en geeft deze de router op om de transmissiesnelheid te verminderen.

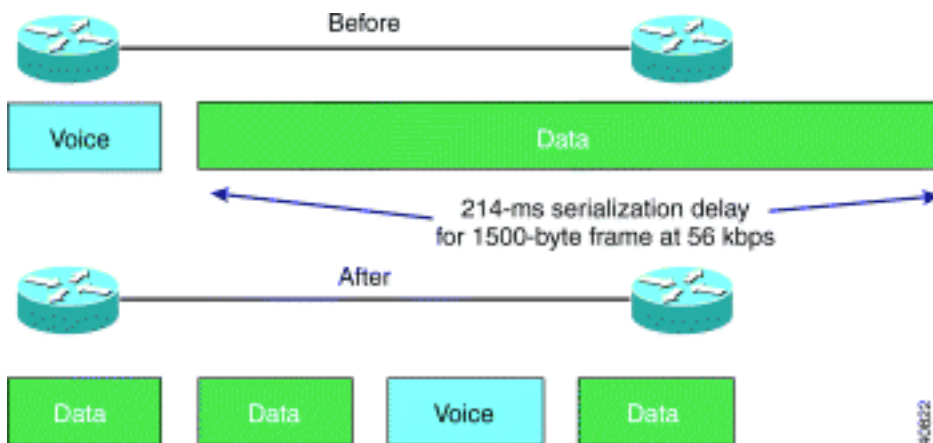
De configuratie van FRTS voor spraakverkeer is anders dan die van traffic shaping voor alleen gegevens. Bij het configureren van FRTS voor spraakqualiteit worden er compromissen gesloten met de parameters voor het gegevensverkeer. Zie het gedeelte [Fragmentation \(FRF.12\)](#) in dit document voor meer informatie over deze beperkingen.

[Fragmentatie \(FRF.12\)](#)

Een grote uitdaging op spraak-data-integratie is om de maximum één manier eind-aan-eind vertraging voor tijd gevoelig verkeer zoals stem te controleren. Voor een goede spraakqualiteit moet deze vertraging minder dan 150 ms bedragen. Een belangrijk deel van deze vertraging is de vertraging van de serialisatie op de interface. Cisco raadt aan dit 10 ms te zijn en het maximum van 20 ms te overschrijden. De vertraging van de servering is de tijd die nodig is om de bits daadwerkelijk op een interface te plaatsen.

$\text{Serialization Delay} = \text{frame size (bits)} / \text{link bandwidth (bps)}$

Een pakket van 1500 bytes neemt bijvoorbeeld 214 ms in beslag om de router te verlaten via een link van 56 Kbps. Als een niet-realtime gegevenspakket van 1500 bytes wordt verzonden, worden de pakketten met realtime (spraak) in de wachtrij geplaatst tot het grote gegevenspakket wordt verzonden. Deze vertraging is onaanvaardbaar voor het spraakverkeer. Als de niet-realtime gegevenspakketten in kleinere frames gefragmenteerd zijn, worden ze doorgeleid met realtime (spraak) frames. Op deze manier kunnen zowel spraak- als gegevensframes via hogesnelheidslijnen worden gecombineerd zonder buitensporige vertraging van het realtime spraakverkeer te veroorzaken.



Raadpleeg voor meer informatie over fragmentatie [Frame Relay Fragmentation voor spraak](#).

Opmerking: In gevallen waarin u een speciale halve T1-verbinding (768 kbps) hebt, hebt u waarschijnlijk geen fragmentatiefunctie nodig. U hebt echter nog steeds een QoS-mechanisme (IP RTP-prioriteit of LLQ, in dit geval) nodig. De helft T1 of hogere snelheden bieden genoeg bandbreedte aan om spraakpakketten in te voeren en de wachtrij binnen het aanbevolen bereik van de seriële vertraging te verlaten (10 ms, niet later dan 20 ms). Ook hebt u waarschijnlijk geen cRTP nodig, die helpt om bandbreedte op te slaan door IP RTP-headers te comprimeren, in het geval van een volledige T1.

[Bandbreedtereductie](#)

cRTP

Op basis van [RFC 2508](#) , wordt de cRTP-functie gecomprimeerd met de IP/UDP/RTP-pakketheader van 40 bytes naar 2 of 4 bytes. Dit vermindert onnodig bandbreedteverbruik. Het is een hopelijk compressiesysteem. Daarom moet cRTP op beide uiteinden van de verbinding worden geconfigureerd, tenzij de passieve optie is ingesteld.

Opmerking: cRTP is niet vereist om een goede spraakkwaliteit te garanderen. Het is een eigenschap die het bandbreedteverbruik vermindert. Configureer cRTP nadat aan alle andere voorwaarden is voldaan en de spraakkwaliteit goed is. Deze procedure bespaart de tijd voor het oplossen van problemen omdat deze potentiële cRTP-problemen isoleert.

Controleer het CPU-gebruik van de router. Schakel cRTP uit als deze hoger is dan 75%. Bij hogere verbindingssnelheden kunnen de bandbreedtebesparingen van cRTP mogelijk worden gecompenseerd door de extra CPU-lading. Cisco raadt het gebruik van cRTP alleen aan met koppelingen lager dan 768 Kbps, tenzij de router met een laag CPU-gebruik draait.

Opmerking: Bij gebrek aan een standaard is cRTP voor Frame Relay ontwikkeld op Cisco eigen insluiting. Daarom werkt het niet met de insluiting van Frame Relay door Internet Engineering Task Force (IETF). Recentelijk is FRF.20 voltooid om RTP-headercompressie mogelijk te maken op IETF-insluiting. Sinds de laatste bijwerking van dit document (mei 2002) wordt FRF.20 echter niet ondersteund.

Raadpleeg voor meer informatie het [Compressed Real-Time transportprotocol](#) .

Coder/decoder (Codec)-selectie

Gebruik lage bit-rate codecs op de VoIP-aanroep. G.729 (8 Kbps) is de standaardcodec voor de VoIP-dial-peers.

Opmerking: Hoewel duale toonmultifrekwentie (DTMF) gewoonlijk accuraat wordt getransporteerd wanneer spraakcodecs met een hoge beeldverhouding worden gebruikt (zoals G.711), zijn laag-bits codecs (zoals G.729 en G.723.1) sterk geoptimaliseerd voor spraakpatronen en hebben de neiging DTMF-tonen te vervormen. Deze benadering kan leiden tot problemen bij de toegang tot systemen voor interactieve spraakrespons (IVR). De opdracht **dtmf** lost het probleem van DTMF-vervorming op. Het transporteert DTMF-tonen buiten de band of gescheiden van de gecodeerde spraakstroom. Als u codecs met een lage snelheid (G.729, G.723) gebruikt, schakel dan de opdracht **dtmf** relais in onder de VoIP dial-peer.

Spraakdetectie (VAD) inschakelen

Een typische conversatie kan mogelijk 35 tot 50% stilte bevatten. Stilstaande pakketten worden onderdrukt wanneer VAD wordt gebruikt. Ga er voor VoIP-bandbreedteplanning van uit dat VAD de bandbreedte met 35% vermindert. VAD wordt standaard ingesteld onder de VoIP-kiespeers.

[Configureren](#)

Deze sectie bevat informatie over het configureren van de functies die in dit document worden beschreven.

N.B.: Als u aanvullende informatie wilt vinden over de opdrachten in dit document, gebruikt u het [Opdrachtplanningprogramma](#) (alleen [geregistreerd](#) klanten).

LLQ

Gebruik deze procedure om LLQ te configureren:

1. Maak een class map voor VoIP-verkeer en definieer matchcriteria. Deze opdrachten leggen uit hoe deze taak kan worden voltooid:

```
maui-voip-sj(config)#class-map ?
  WORD class-map name
  match-all Logical-AND all matching statements under this classmap
  match-any Logical-OR all matching statements under this classmap
maui-voip-sj(config)#class-map match-all voice-traffic
!--- Choose a descriptive class_name. maui-voip-sj(config-cmap)#match ?
  access-group      Access group
  any               Any packets
  class-map        Class map
  cos              IEEE 802.1Q/ISL class of service/user priority values
  destination-address Destination address
  input-interface  Select an input interface to match
  ip               IP specific values
  mpls            Multi Protocol Label Switching specific values
  not              Negate this match result
  protocol         Protocol
  qos-group        Qos-group
  source-address   Source address
!--- In this example the access-group matching !--- option is used for its flexibility (it
uses an access-list). maui-voip-sj(config-cmap)#match access-group ?
  <1-2699> Access list index
  name        Named Access List
maui-voip-sj(config-cmap)#match access-group 102

!--- Create the access-list to match the class-map access-group: maui-voip-
sj(config)#access-list 102 permit udp any any range 16384 32767
!--- The safest and easiest way is to match with UDP port range 16384-32767. !--- This is
the port range Cisco IOS H.323 products utilize to transmit !--- VoIP packets.
```

Deze toegangslijsten worden ook gebruikt om spraakverkeer af te stemmen op de opdracht **match Access-group**:

```
access-list 102 permit udp any any precedence critical
!--- This list filters traffic based on the IP packet TOS: Precedence field. !--- Note:
Ensure that the other non-voice traffic does not use the !--- same precedence value.
access-list 102 permit udp any any dscp ef
!--- In order for this list to work, ensure that VoIP packets are tagged !--- with the dscp
ef code before they exit on the LLQ WAN interface. !--- For more information on DSCP, refer
to !--- Implementing Quality of Service Policies with DSCP. !--- Note: If endpoints are not
trusted on their packet marking, !--- mark incoming traffic by applying an inbound service
policy on an !--- inbound interface. This procedure is out of the scope !--- of this
document. access-list 102 permit udp host 192.10.1.1 host 192.20.1.1
!--- This access-list can be used in cases where the VoIP !--- devices cannot do precedence
or DSCP marking and you !--- cannot determine the VoIP UDP port range.
```

Dit zijn andere methoden die overeenkomen met de opdrachten van de toegangsgroep: Met Cisco IOS-software release 12.1.2.T en hoger wordt IP RTP-prioriteit geïmplementeerd voor LLQ. Deze optie komt overeen met de inhoud van de prioriteitsklasse die de geconfigureerde UDP-poorten bekijkt. Het is onderworpen aan de beperking om alleen havens in het hoofdkwartier te bedienen.

```
class-map voice
```

```
match ip rtp 16384 16383
```

Deze twee methoden werken op basis van de veronderstelling dat VoIP-pakketten op de oorspronkelijke hosts worden gemarkeerd of dat deze is gematcht en gemarkeerd in de router voordat de uitgaande LLQ-handeling wordt toegepast:

```
class-map voice
  match ip precedence 5
```

OF

```
class-map voice
  match ip dscp ef
```

N.B.: In Cisco IOS-software release 12.2.2T en hoger kunnen VoIP-kiespeers spraakdrager- en signaleringspakketten instellen voordat de LLQ-handeling wordt gestart. Dit maakt een schaalbare manier mogelijk om VoIP-pakketten te markeren en aan te passen via DSCP-codewaarden voor LLQ. Raadpleeg voor meer informatie de [classificatie van VoIP-signalering en media met DSCP voor QoS](#).

```
Router(config-dial-peer)#ip qos dscp ?
```

2. **Maak een class map voor VoIP-signalering en definieer matchcriteria (optioneel).** Gebruik deze opdrachten om deze taak te voltooien:

```
class-map voice-signaling
  match access-group 103
!
access-list 103 permit tcp any eq 1720 any
access-list 103 permit tcp any any eq 1720
```

N.B.: VoIP-oproepen kunnen worden ingesteld met behulp van H.323, Session Initiation Protocol (SIP), Media Gateway Control Protocol (MGCP) of Smart Call Control Protocol (SCCP) - eigen protocol dat door Cisco Call Manager wordt gebruikt. Het vorige voorbeeld veronderstelt H.323 Fast Connect. Deze lijst dient als referentie voor de poorten die worden gebruikt door VoIP-signalering en controlekanalen: H.323/H.225 = TCP 1720 H.323/H.245 = TCP 11xxx (standaardverbinding) H.323/H.245 = TCP 1720 (Fast Connect) H.323/H.225 RAS = UDP 1718 (naar GateKeeper) SCCP = TCP 2000-2002 (CM-encore) ICCP = TCP 8001-8002 (CM-encore) MGCP = UDP 2427, TCP 2428 (CM-encore) SIP = UDP 5060, TCP 5060 (configureerbaar)

3. **Maak een beleidskaart en associeer deze met de VoIP-lassenkaarten.** Het doel van de beleidskaart is te bepalen hoe de verbindingsmiddelen worden gedeeld of toegewezen aan de verschillende kaartklassen. Gebruik deze opdrachten om deze taak te voltooien:

```
maui-voip-sj(config)#policy-map VOICE-POLICY
!--- Choose a descriptive policy_map_name. maui-voip-sj(config-pmap)#class voice-traffic
maui-voip-sj(config-pmap-c)#priority ?
<8-2000000> Kilo Bits per second
!--- Configure the voice-traffic class to the strict PQ !--- (priority command) and assign
the bandwidth. maui-voip-sj(config-pmap)#class voice-signaling
maui-voip-sj(config-pmap-c)#bandwidth 8
!--- Assign 8 Kbps to the voice-signaling class. maui-voip-sj(config-pmap)#class class-
default
maui-voip-sj(config-pmap-c)#fair-queue
!--- The remaining data traffic is treated as WFQ.
```

Opmerking: Hoewel het mogelijk is om verschillende typen realtime verkeer naar de PQ te

achterhalen, raadt Cisco u aan alleen spraakverkeer naar de PQ te sturen. Realtime verkeer, zoals video, introduceert potentieel variatie in vertraging (de PQ is een First In First Out (FIFO) rij). Spraakverkeer vereist dat vertraging niet-variabel is om jitter te voorkomen. **Opmerking:** de som van de waarden voor **prioriteit** en **bandbreedte** moet lager zijn dan of gelijk aan *minCIR* voor het PVC. Anders kan de opdracht **Service-beleid** niet aan de link worden toegewezen. *minCIR* is de helft van *CIR* standaard. Om de foutmeldingen te zien, moet u ervoor zorgen dat het commando **van de logconsole** is ingeschakeld voor toegang tot de console en is de opdracht van de **terminalmonitor** ingeschakeld voor toegang tot het net. Voor meer informatie over de **bandbreedte** en de **prioriteits** opdrachten, raadpleeg [Vergelijking van de bandbreedte en prioriteitsopdrachten van een QoS-servicebeleid](#).

4. Schakel LLQ in door de beleidskaart op de uitgaande WAN-interface toe te passen. Gebruik deze opdrachten om LLQ in te schakelen:

```
maui-voip-sj(config)#map-class frame-relay VoIPovFR
maui-voip-sj(config-if)#service-policy output VOICE-POLICY
!--- The service-policy is applied to the PVC !--- indirectly by configuring !--- it under
the map-class associated to the PVC.
```

IP RTP-prioriteit

Als u LLQ niet gebruikt, gebruik dan deze richtlijnen:

```
Router(config-map-class)#frame-relay ip rtp priority starting-rtp-port port-range bandwidth
```

- **beginnend-rtp-poort**—het beginnende UDP poortnummer. Het laagste poortnummer waarnaar de pakketten worden verzonden. Stel deze waarde voor VoIP in op 16384.
- **port-range**—het bereik van UDP bestemmingpoorten. Het nummer, toegevoegd aan de *startpoort* geeft het hoogste UDP poortnummer op. Stel deze waarde voor VoIP in op 16383.
- **bandbreedte**—maximaal toegestane bandbreedte in kbps voor de prioriteitswachtrij. Stel dit nummer in op basis van het aantal gelijktijdige oproepen, waarbij de bandbreedte van elke oproep wordt toegevoegd die het systeem ondersteunt.

Monsterconfiguratie:

```
map-class frame-relay VoIPovFR frame-relay cir 64000
frame-relay BC 600
no frame-relay adaptive-shaping
frame-relay fair-queue
frame-relay fragment 80
frame-relay ip rtp priority 16384 16383 45
```

Traffic Shaping voor spraak

Gebruik deze richtlijnen wanneer u traffic shaping voor spraak configureren:

- Gebruik niet meer dan de CIR van het PVC.
- Frame Relay adaptieve shaping uitschakelen.
- Stel de Bc-waarde laag in zodat tc (vorminterval) 10 ms is ($Tc = Bc/CIR$). Configureer de bc-waarde om de gewenste TC-waarde te forceren.
- Stel de waarde Be in op 0.

Raadpleeg voor meer informatie over deze richtlijnen [Frame Relay Traffic Shaping voor VoIP en VoFR](#).

Opmerking: Sommige klanten gebruiken afzonderlijke PVC's voor gegevens en spraak. Als u twee afzonderlijke PVC's hebt en in het data-PVC wilt barsten terwijl u bij of onder CIR voor de spraak-PVC blijft, lijdt de spraakkwaliteit nog steeds omdat deze PVC's dezelfde fysieke interface gebruiken. In dergelijke gevallen moet de Frame Relay provider, zowel als de router, prioriteit geven aan de spraak-PVC. Dit laatste kan worden gedaan door [PVC Interface Priority Queueing \(PIPQ\)](#) beschikbaar vanaf Cisco IOS-software release 12.1(1)T.

[Fragmentatie \(FRF.12\)](#)

Zet de fragmentatie aan voor hogesnelheidslijnen (minder dan 768 kbps). Stel het fragment zodanig in dat spraakpakketten niet gefragmenteerd zijn en geen seriële vertraging van meer dan 20 ms ondervinden. Stel de fragmentatiegrootte in op basis van de laagste poortsnelheid tussen de routers. Bijvoorbeeld, als er een hub is en de gesproken topologie van Frame Relay waar de hub een T1 snelheid heeft en de afstands-routers 64 K poortsnelheden hebben, moet de fragmentatiegrootte voor de 64 K snelheid op beide routers worden ingesteld. Alle andere PVC's die dezelfde fysieke interface delen, dienen de fragmentatie te configureren tot de grootte die door de spraak-PVC wordt gebruikt. Gebruik dit schema om de waarden voor de fragmentatiegrootte te bepalen.

Laagste linksnelheid op pad	Aanbevolen grootte van fragmentatie (voor 10 ms seriële)
56 Kbps	70 bytes
64 Kbps	80 bytes
128 Kbps	160 bytes
256 Kbps	320 bytes
512 Kbps	640 bytes
768 Kbps	1000 bytes
1536 Kbps	1600 bytes

Monsterconfiguratie:

```
map-class frame-relay VoIPovFR
!--- Some output is omitted. frame-relay fragment 80
```

Toelichting: Voor 1536 Kbps is geen fragmentatie technisch nodig. Echter, fragmentatie is nodig om het dubbele FIFO-wachtsysteem in staat te stellen de spraakkwaliteit te waarborgen. Een fragment grootte van 1600 bytes maakt de dubbele FIFO mogelijk. Aangezien 1600 bytes echter hoger zijn dan de typische seriële interface maximum transmissie-unit (MTU), zijn grote gegevenspakketten niet gefragmenteerd.

[Netwerkdigram](#)

Dit document gebruikt de netwerkinstellingen die in dit diagram worden weergegeven:



Configuraties

Dit document gebruikt de configuraties die hier worden weergegeven:

- maui-voip-sj (Cisco 3640)
- maui-voip-austin (Cisco 3640)

maui-voip-sj (Cisco 3640)

```

version 12.2
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
service password-encryption
!
hostname maui-voip-sj
!
logging buffered 10000 debugging
enable secret 5 $1$MYS3$TZ6bwrhWB25b2cVpEVgBo1
!
ip subnet-zero
!
!--- Definition of the voice signaling and traffic class
maps. !--- "voice-traffic" class uses access-list 102
for its matching criteria. !--- "voice-signaling" class
uses access-list 103 for its matching criteria. class-
map match-all voice-signaling
  match access-group 103
class-map match-all voice-traffic
  match access-group 102
!
!--- The policy map defines how the link resources are
assigned !--- to the different map classes. In this
configuration, strict PQ !--- is assigned to the voice-
traffic class !--- with a maximum bandwidth of 45 Kbps.
policy-map VOICE-POLICY
  class voice-traffic
    priority 45
  class voice-signaling
    bandwidth 8

!--- Assigns a queue for voice-signaling traffic that
ensures 8 Kbps. !--- Note that this is optional and has
nothing to do with good voice !--- quality. Instead, it
is a way to secure signaling. class class-default
  fair-queue

!--- The class-default class is used to classify traffic
that does !--- not fall into one of the defined classes.

```

```

!--- The fair-queue command associates the default class
WFQ queueing.

!
interface Ethernet0/0
  ip address 172.22.113.3 255.255.255.0
  half-duplex
!
interface Serial0/0
  bandwidth 128
  no ip address
  encapsulation frame-relay
  no fair-queue
frame-relay traffic-shaping
  frame-relay ip rtp header-compression
!--- Turns on traffic shaping and cRTP. If traffic-
shaping is not !--- enabled, then map-class does not
start and FRF.12 and LLQ does !--- not work. ! interface
Serial0/0.1 point-to-point
  bandwidth 128
  ip address 192.168.10.2 255.255.255.252
  frame-relay interface-dlci 300
  class VOIPovFR
!--- This command links the subinterface to a VoIPovFR
map-class. !--- See the map-class frame-relay VoIPovFR
command here: !--- Note: The word VoIPovFR is selected
by the user. !

ip classless
ip route 172.22.112.0 255.255.255.0 192.168.10.1
!
map-class frame-relay VOIPovFR
  no frame-relay adaptive-shaping
!--- Disable Frame Relay BECNs. Note also that Be equals
0 by default. frame-relay cir 64000
  frame-relay bc 640
!--- Tc = BC/CIR. In this case Tc is forced to its
minimal !--- configurable value of 10 ms. frame-relay be
0
  frame-relay mincir 64000
!--- Although adaptive shaping is disabled, make CIR
equal minCIR !--- as a double safety. By default minCIR
is half of CIR. service-policy output VOICE-POLICY
!--- Enables LLQ on the PVC. frame-relay fragment 80
!--- Turns on FRF.12 fragmentation and sets the fragment
size equal to 80 bytes. !--- This value is based on the
port speed of the slowest path link. !--- This command
also enables dual-FIFO. ! access-list 102 permit udp any
any range 16384 32767
access-list 103 permit tcp any eq 1720 any
access-list 103 permit tcp any any eq 1720
!
!--- access-list 102 matches VoIP traffic !--- based on
the UDP port range. !--- Both odd and even ports are put
into the PQ. !--- access-list 103 matches VoIP signaling
protocol. In this !--- case, H.323 V2 is used with the
fast start feature.

!
voice-port 1/0/0
!
dial-peer voice 1 pots
  destination-pattern 5000
  port 1/0/0

```

```
!  
dial-peer voice 2 voip  
  destination-pattern 6000  
  session target ipv4:192.168.10.1  
  dtmf-relay cisco-rtp  
  ip precedence 5
```

maui-voip-austin (Cisco 3640)

```
version 12.2  
service timestamps debug datetime msec  
service timestamps log datetime msec  
service password-encryption  
!  
hostname maui-voip-austin  
!  
boot system flash slot1:c3640-is-mz.122-6a.bin  
logging buffered 1000000 debugging  
!  
ip subnet-zero  
!  
class-map match-all voice-signaling  
match access-group 103  
class-map match-all voice-traffic  
  match access-group 102  
!  
policy-map voice-policy  
  class voice-signaling  
    bandwidth 8  
  class voice-traffic  
    priority 45  
  class class-default  
    fair-queue  
!  
interface Ethernet0/0  
  ip address 172.22.112.3 255.255.255.0  
  no keepalive  
  half-duplex  
!  
interface Serial0/0  
  bandwidth 64  
  no ip address  
  encapsulation frame-relay  
  no ip mroute-cache  
  no fair-queue  
  frame-relay traffic-shaping  
  frame-relay ip rtp header-compression  
!  
interface Serial0/0.1 point-to-point  
  bandwidth 64  
  ip address 192.168.10.1 255.255.255.252  
  frame-relay interface-dlci 400  
    class VOIPovFR  
!  
ip classless  
ip route 172.22.113.0 255.255.255.0 192.168.10.2  
!  
map-class frame-relay VOIPovFR  
no frame-relay adaptive-shaping  
  frame-relay cir 64000  
  frame-relay bc 640  
  frame-relay be 0  
  frame-relay mincir 64000
```



```
service-policy output voice-policy
frame-relay fragment 80
access-list 102 permit udp any any range 16384 32767
access-list 103 permit tcp any eq 1720 any
access-list 103 permit tcp any any eq 1720
!
voice-port 1/0/0
!
dial-peer voice 1 pots
destination-pattern 6000
port 1/0/0
!
dial-peer voice 2 voip
destination-pattern 5000
session target ipv4:192.168.10.2
dtmf-relay cisco-rtp
ip precedence 5
```

Probleemoplossing controleren

Deze sectie verschaft de informatie om te bevestigen dat uw configuratie correct werkt.

Bepaalde opdrachten **worden** ondersteund door de [uitvoertolk](#) (alleen [geregistreerde](#) klanten). Dit staat u toe om een analyse van **tonen** opdrachtoutput te bekijken.

LLQ/IP RTP-prioriteitsopdrachten

Deze **tonen** en **debug** opdrachten helpen u om uw prioriteitsconfiguraties LLQ en IP RTP te verifiëren.

- **toon beleid-kaart interface seriële *interface#***—Deze opdracht is nuttig om de LLQ handeling en elke druppel in het PQ te bekijken. Voor meer informatie over de verschillende velden van deze opdracht, raadpleeg [het begrip Packet Counters in show policy-map interface output](#).
- **toon beleid-kaart *policy_map_name*** —Hiermee geeft u informatie weer over de beleid-map configuratie.
- **Toont *interface-type interface-nummer***-lijsten van eerlijke configuratie en statistieken voor een bepaalde interface.
- **debug van prioriteit**-displays PQ gebeurtenissen en laat zien als er sprake is van vallen in deze wachtrij. Raadpleeg voor meer informatie de [uitgangswaarden voor probleemoplossing bij een prioriteitwachtrij](#).
- **toon class-map *class_name*** —Hiermee geeft u informatie weer over de class-map configuratie.
- **toon vraag actieve stem**-controles voor verloren pakketten op het niveau DSP.
- **Toon frame-relais ip rtp header-compressie**-displays RTP-headercompressiestatistieken.

Fragmentation-opdrachten

Gebruik deze **debug** en **show** opdrachten om de fragmentatie-configuraties te controleren en problemen op te lossen.

- **toon frame-relais fragment**-displays informatie over de Frame Relay-fragmentatie die plaatsvindt in de Cisco router.

- **debug frame-relais fragment**-displays of foutmeldingen gerelateerd aan Frame Relay fragmentatie. Het is alleen ingeschakeld op PVC-niveau op de geselecteerde interface.

Frame Relay/interfaceopdrachten

Gebruik deze opdrachten om de Frame Relay/Interface-configuraties te controleren en problemen op te lossen.

- **toon verkeer-vormwachtrij *interface***-informatie over de elementen die in de wachtrij staan op het DLCI-niveau (Data-Link Connection identifier). Gebruikt om de werking van IP RTP Priority via Frame Relay te controleren. Wanneer de link wordt geblokkeerd, worden spraakstromen geïdentificeerd met een gewicht van nul. Dit geeft aan dat de spraakstroom de PQ gebruikt. Zie hier de voorbeelduitvoer.
- **Toon verkeer-vorm-Beeldinformatie** zoals de waarden Tc, Bc, Be, en CIR ingesteld. Zie de [voorbeelduitvoer](#).
- **Laat frame-relais pvc *dldci-#***-displays zien zoals **traffic shaping parameters, fragmentatiewaarden en gedropte pakketten**. Zie de [voorbeelduitvoer](#). Raadpleeg ook [Frame Relay voor probleemoplossing](#).

Bekende problemen

Een bug werd geïdentificeerd met per VC LLQ waar het PQ strikt gecontroleerd werd zelfs wanneer er geen congestie op de interface is. Dat bug is gerepareerd en nu worden niet-conforme spraakpakketten alleen verzonden als er sprake is van stremmingen op de VC. Dit maakt het gedrag van de per VC LLQ hetzelfde als andere interfaces die LLQ gebruiken. Dit gedrag is veranderd met Cisco IOS-software release 12.2(3)E en hoger.

Uitvoer van opdracht tonen en debug

Dit is een voorbeeldweergave en **debug** van opdrachtoutput die wordt gebruikt voor verificatie en probleemoplossing.

*!--- To capture sections of this output, the LLQ PQ bandwidth !--- is lowered and large data traffic is placed !--- on the link to force packets drops. !--- Priority queue bandwidth is lowered to 10 Kbps to force drops from the PQ. !--- Note: To reset counters, use the **clear counters** command.*

```
maui-voip-sj#show policy-map inter ser 0/0.1
Serial0/0.1: DLCI 300 -
```

```
Service-policy output: VOICE-POLICY
```

```
Class-map: voice-traffic (match-all)
  26831 packets, 1737712 bytes
  5 minute offered rate 3000 bps, drop rate 2000 bps
  Match: access-group 102
  Weighted Fair Queueing
  Strict Priority
  Output Queue: Conversation 24
  Bandwidth 10 (kbps) Burst 250 (Bytes)
  (pkts matched/bytes matched) 26311/1704020
```

(total drops/bytes drops) 439/28964

```
Class-map: voice-signaling (match-all)
  80 packets, 6239 bytes
  5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
  Match: access-group 103
  Weighted Fair Queueing
  Output Queue: Conversation 25
  Bandwidth 8 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 62/4897
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
```

```
Class-map: class-default (match-any)
  14633 packets, 6174492 bytes
  5 minute offered rate 10000 bps, drop rate 0 bps
  Match: any
  Weighted Fair Queueing
  Flow Based Fair Queueing
  Maximum Number of Hashed Queues 16
  (total queued/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
```

!--- These commands are useful to verify the LLQ configuration. maui-voip-austin#**show policy-map voice-policy**

```
Policy Map voice-policy
Class voice-signaling
  Weighted Fair Queueing
  Bandwidth 8 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
Class voice-traffic
  Weighted Fair Queueing
  Strict Priority
  Bandwidth 45 (kbps) Burst 1125 (Bytes)
Class class-default
  Weighted Fair Queueing
  Flow based Fair Queueing Max Threshold 64 (packets)
```

```
maui-voip-austin#show class-map
Class Map match-all voice-signaling (id 2)
  Match access-group 103
Class Map match-any class-default (id 0)
  Match any
Class Map match-all voice-traffic (id 3)
  Match access-group 102
```

!--- Frame Relay verification command output. maui-voip-sj#**show frame-relay fragment**

interface	dlci	frag-type	frag-size	in-frag	out-frag	dropped-frag
Serial0/0.1	300	end-to-end	80	4	4	0

```
maui-voip-sj#show frame-relay pvc 300
```

PVC Statistics for interface Serial0/0 (Frame Relay DTE)

DLCI = 300, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/0.1

```
input pkts 7 output pkts 7 in bytes 926
  out bytes 918 dropped pkts 0 in FECN pkts 0
  in BECN pkts 0 out FECN pkts 0 out BECN pkts 0
  in DE pkts 0 out DE pkts 0
  out bcast pkts 2 out bcast bytes 598
  pvc create time 1w2d, last time pvc status changed 1w2d
service policy VOICE-POLICY
```

Service-policy output: VOICE-POLICY

```
Class-map: voice-traffic (match-all)
  0 packets, 0 bytes
  5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group 102
  Weighted Fair Queueing
Strict Priority
  Output Queue: Conversation 24
  Bandwidth 45 (kbps) Burst 250 (Bytes)
  (pkts matched/bytes matched) 0/0
  (total drops/bytes drops) 0/0
```

```
Class-map: voice-signaling (match-all)
  0 packets, 0 bytes
  5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
  Match: access-group 103
  Weighted Fair Queueing
  Output Queue: Conversation 25
  Bandwidth 8 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
  (pkts matched/bytes matched) 0/0
  (depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
```

```
Class-map: class-default (match-any)
  7 packets, 918 bytes
  5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
  Match: any
  Weighted Fair Queueing
  Flow Based Fair Queueing
  Maximum Number of Hashed Queues 16
  (total queued/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
```

```
Output queue size 0/max total 600/drops 0
fragment type end-to-end fragment size 80
cir 64000 bc 640 be 0 limit 80 interval 10
mincir 64000 byte increment 80 BECN response no
frags 13 bytes 962 frags delayed 8 bytes delayed 642
```

```
shaping inactive
traffic shaping drops 0
```

!--- In this Frame Relay verification command !--- output, the PQ bandwidth is lowered and heavy traffic !--- is placed on the interface to force drops. maui-voip-sj#**show frame-relay pvc 300**

PVC Statistics for interface Serial0/0 (Frame Relay DTE)

DLCI = 300, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/0.1

```
input pkts 483 output pkts 445 in bytes 122731
  out bytes 136833 dropped pkts 0 in FECN pkts 0
  in BECN pkts 0 out FECN pkts 0 out BECN pkts 0
  in DE pkts 0 out DE pkts 0
  out bcast pkts 4 out bcast bytes 1196
  pvc create time 1w2d, last time pvc status changed 1w2d
  service policy VOICE-POLICY
```

Service-policy output: VOICE-POLICY

```
Class-map: voice-traffic (match-all)
  352 packets, 22900 bytes
  5 minute offered rate 2000 bps, drop rate 2000 bps
  Match: access-group 102
  Weighted Fair Queueing
  Strict Priority
  Output Queue: Conversation 24
```

Bandwidth 10 (kbps) Burst 250 (Bytes)
(pkts matched/bytes matched) 352/22900
(total drops/bytes drops) 169/11188

Class-map: voice-signaling (match-all)
7 packets, 789 bytes
5 minute offered rate 0 bps, drop rate 0 bps
Match: access-group 103
Weighted Fair Queueing
Output Queue: Conversation 25
Bandwidth 8 (kbps) Max Threshold 64 (packets)
(pkts matched/bytes matched) 7/789
(depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0

Class-map: class-default (match-any)
79 packets, 102996 bytes
5 minute offered rate 4000 bps, drop rate 0 bps
Match: any
Weighted Fair Queueing
Flow Based Fair Queueing
Maximum Number of Hashed Queues 16
(total queued/total drops/no-buffer drops) 5/0/0
Output queue size 5/max total 600/drops 169
fragment type end-to-end fragment size 80
cir 64000 bc 640 be 0 limit 80 interval 10
mincir 64000 byte increment 80 BECN response no
frags 2158 bytes 178145 frags delayed 1968 bytes delayed 166021

shaping active
traffic shaping drops 169

!--- Notice that the Tc interval equals 10 ms, !--- CIR equals 64000 BPS, and BC equals 640.

maui-voip-sj#**show traffic-shape**

Interface Se0/0.1

VC	Access List	Target Rate	Byte Limit	Sustain bits/int	Excess bits/int	Interval (ms)	Increment (bytes)	Adapt Active
300		64000	80	640	0	10	80	-

!--- This output is captured on an isolated lab enviroment where !--- the routers are configured with IP RTP Priority instead of LLQ. maui-voip-austin#**show frame-relay PVC 100**

PVC Statistics for interface Serial0/1 (Frame Relay DTE)

DLCI = 100, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/1.1

input pkts 336	output pkts 474	in bytes 61713
out bytes 78960	dropped pkts 0	in FECN pkts 0
in BECN pkts 0	out FECN pkts 0	out BECN pkts 0
in DE pkts 0	out DE pkts 0	
out bcast pkts 0	out bcast bytes 0	

PVC create time 1w0d, last time PVC status changed 1w0d

Current fair queue configuration:

Discard threshold	Dynamic queue count	Reserved queue count
64	16	2

Output queue size 0/max total 600/drops 0

fragment type end-to-end fragment size 80
cir 64000 BC 640 be 0 limit 125 interval 10
mincir 32000 byte increment 125 BECN response no
frags 1091 bytes 82880 frags delayed 671 bytes delayed 56000

shaping inactive

traffic shaping drops 0

ip rtp priority parameters 16384 32767 45000

```
!--- This command displays information of the VoIP dial-peers. maui-voip-austin#show dial-peer
voice 2
VoiceOverIpPeer2
    information type = voice,
    tag = 2, destination-pattern = `5000',
    answer-address = `', preference=0,
    group = 2, Admin state is up, Operation state is up,
    incoming called-number = `', connections/maximum = 0/unlimited,
    application associated:
type = voip, session-target = `ipv4:192.168.10.2',
    technology prefix:
ip precedence = 5, UDP checksum = disabled,
    session-protocol = cisco, req-qos = best-effort,
    acc-qos = best-effort,
dtmf-relay = cisco-rtsp,
    fax-rate = voice,    payload size = 20 bytes
codec = g729r8,    payload size = 20 bytes,
    Expect factor = 10, Icpif = 30,signaling-type = cas,
VAD = enabled, Poor QOV Trap = disabled,
    Connect Time = 165830, Charged Units = 0,
    Successful Calls = 30, Failed Calls = 0,
    Accepted Calls = 30, Refused Calls = 0,
    Last Disconnect Cause is "10",
    Last Disconnect Text is "normal call clearing.",
    Last Setup Time = 69134010.
```

Gerelateerde informatie

- [Low Latency Queueing voor Frame Relay](#)
- [VoIP-signalering en -media classificatie met DSCP voor QoS](#)
- [Opdrachten voor Frame Relay Traffic Shaping tonen](#)
- [Frame Relay IP RTP-prioriteit](#)
- [Frame Relay en Frame Relay traffic shaping configureren](#)
- [Frame Relay configureren en probleemoplossing](#)
- [Verbetering in Voice over Frame Relay-wachtrij](#)
- [Ondersteuning voor spraaktechnologie](#)
- [Productondersteuning voor spraak- en IP-communicatie](#)
- [Probleemoplossing voor Cisco IP-telefonie](#)
- [Technische ondersteuning - Cisco-systemen](#)