



Polish Network Operators' Group

# QoS w sieciach agregacyjnych

[Krzysztof.Konkowski@cisco.com](mailto:Krzysztof.Konkowski@cisco.com)

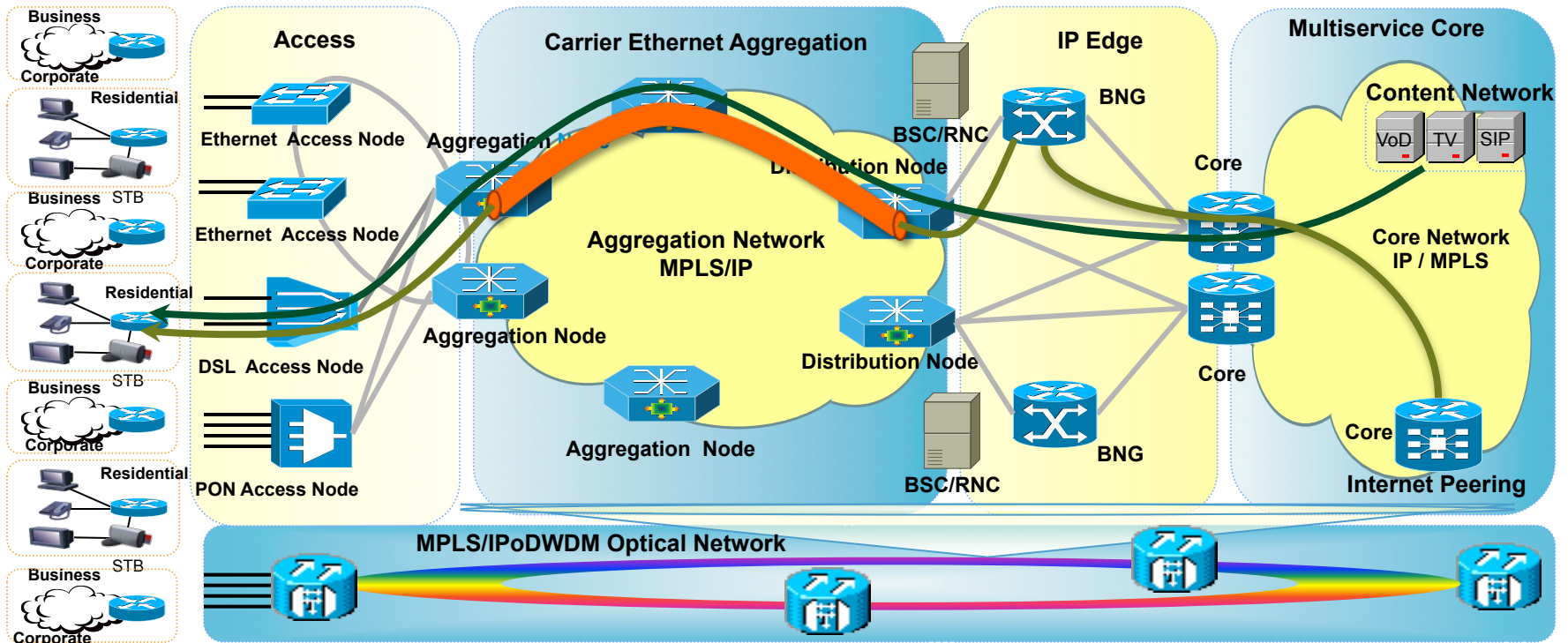
CCIE #20050 RS, SP



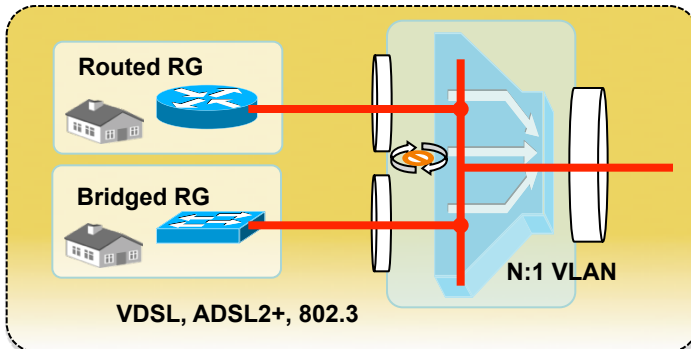
# Plan prezentacji

- Istotne założenia i rodzaje usług
- QoS dla sieci agregacyjnej
- Hierarchiczny QoS
- Jakość usług wideo
- Jak monitorować jakość usług?

# 1. – o czym mówimy?

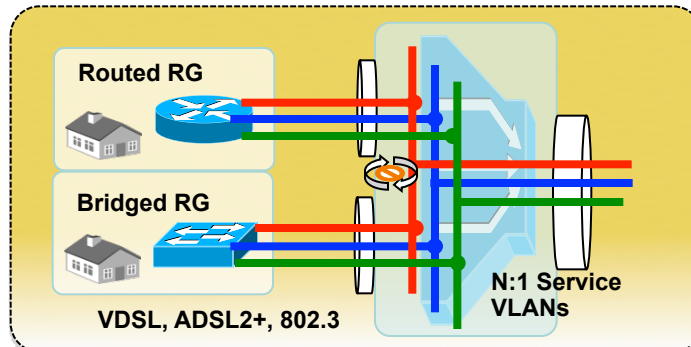


## 2. – modele UNI



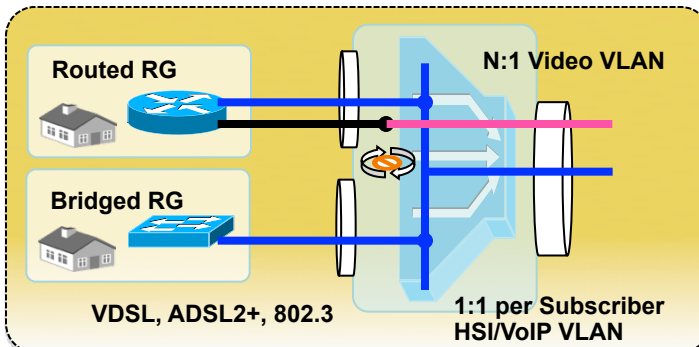
### Model usług N:1, non-trunk

- CPE: Jedno VC, znakowanie IEEE 802.1p CoS
- Dostęp przez jeden VLAN



### Model usług N:1, trunk

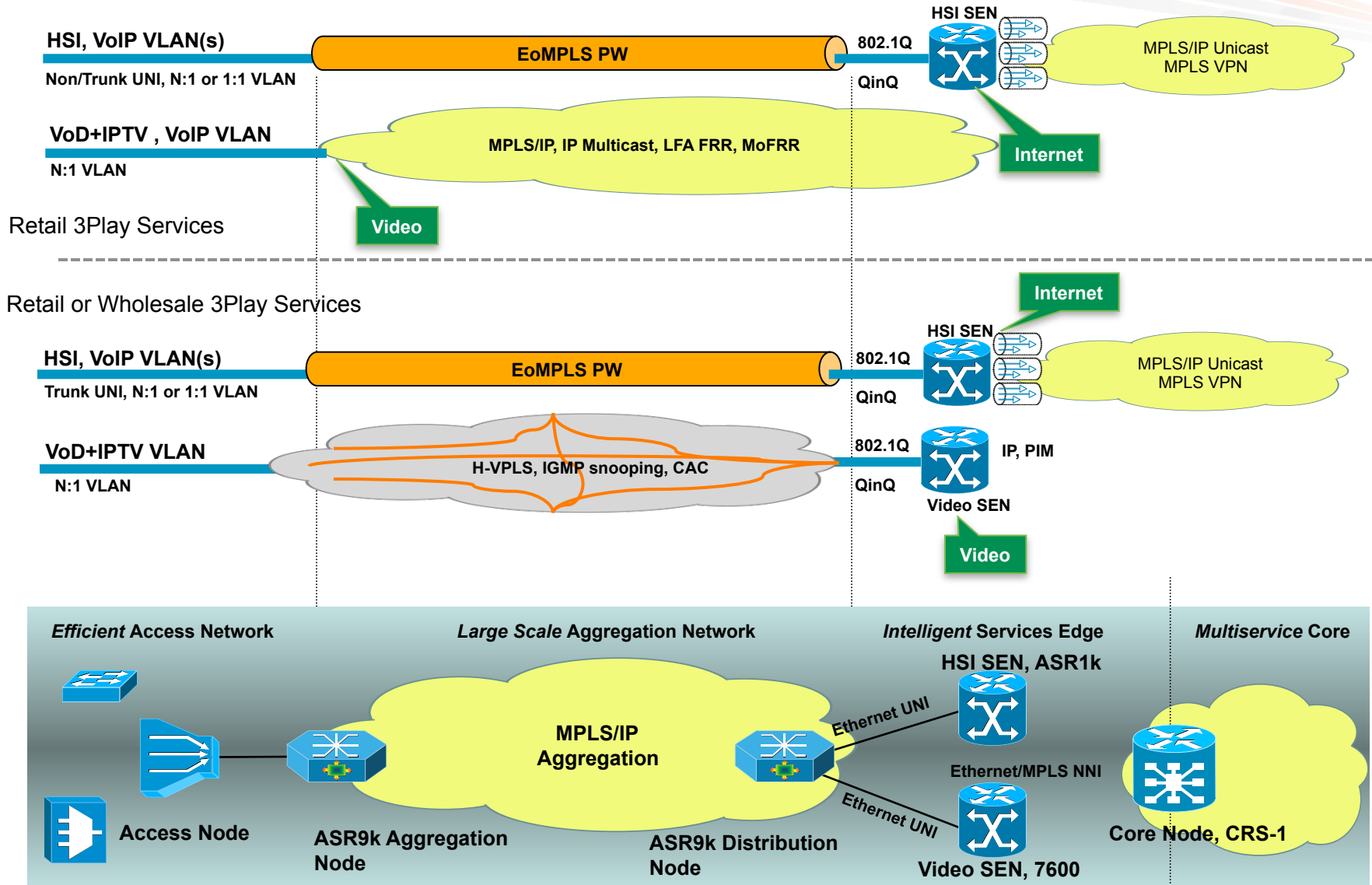
- CPE: Wiele VC, znakowanie IEEE 802.1p CoS
- Dostęp – jeden VLAN dla każdej usługi



### Model usług internet 1:1, trunk

- CPE: Wiele VC, znakowanie IEEE 802.1p CoS
- Dostęp: jeden VLAN dla całej usługi Video oraz indywidualne VLANy dla każdego abonenta (reszta usług)

# 3. – co dalej z ruchem?



# Ogólne założenia

- Elementy istotne dla wprowadzenia polityki QoS:
  - Liczba i rodzaj usług
    - Rodzaj wymaganych gwarancji, współistnienie usług w planie taryfowym
  - Rodzaj ruchu wchodzącego do sieci
    - IEEE 802.1Q
  - Podział ruchu ze względu na usługi:
    - Usługa jako indywidualny VLAN
    - Usługa jako IEEE 802.1p CoS w zbiorczym VLANie
  - Sposób przekazywania ruchu wewnątrz sieci:
    - QinQ (IEEE 802.1ad), IP, EoMPLS, MPLS/IP, Multicast
  - Gdzie jest umiejscowione BNG
    - Rozproszone BNG / Wielousługowy brzeg
  - Odpowiedzialność za jakość usługi
    - Czy istotne jest prowadzenie statystyk jakości usługi?

# Ogólne założenia – czego potrzebujemy

## Spójnej polityki QoS w sieci agregacyjnej

- Na każdym węźle tożsame zasady polityki QoS (np. gwarancje pasma, rodzaj znakowania, przypisanie znacznik – klasa ruchu).

## Oznaczenia zbiorczej klasy ruchu na wejściu do sieci agregacyjnej\*

- Oznaczenie klasy ruchu; pola: IEEE 802.1p CoS, MPLS EXP, DSCP / Traffic Class.

## Gwarancji pasma dla zbiorczej klasy ruchu

- Kolejowanie na interfejsach wewnątrz sieci agregacyjnej
- Ew. hierarchiczny QoS w przypadku modelu usług internet 1:1

## Gwarancji pasma dla użytkownika na BNG

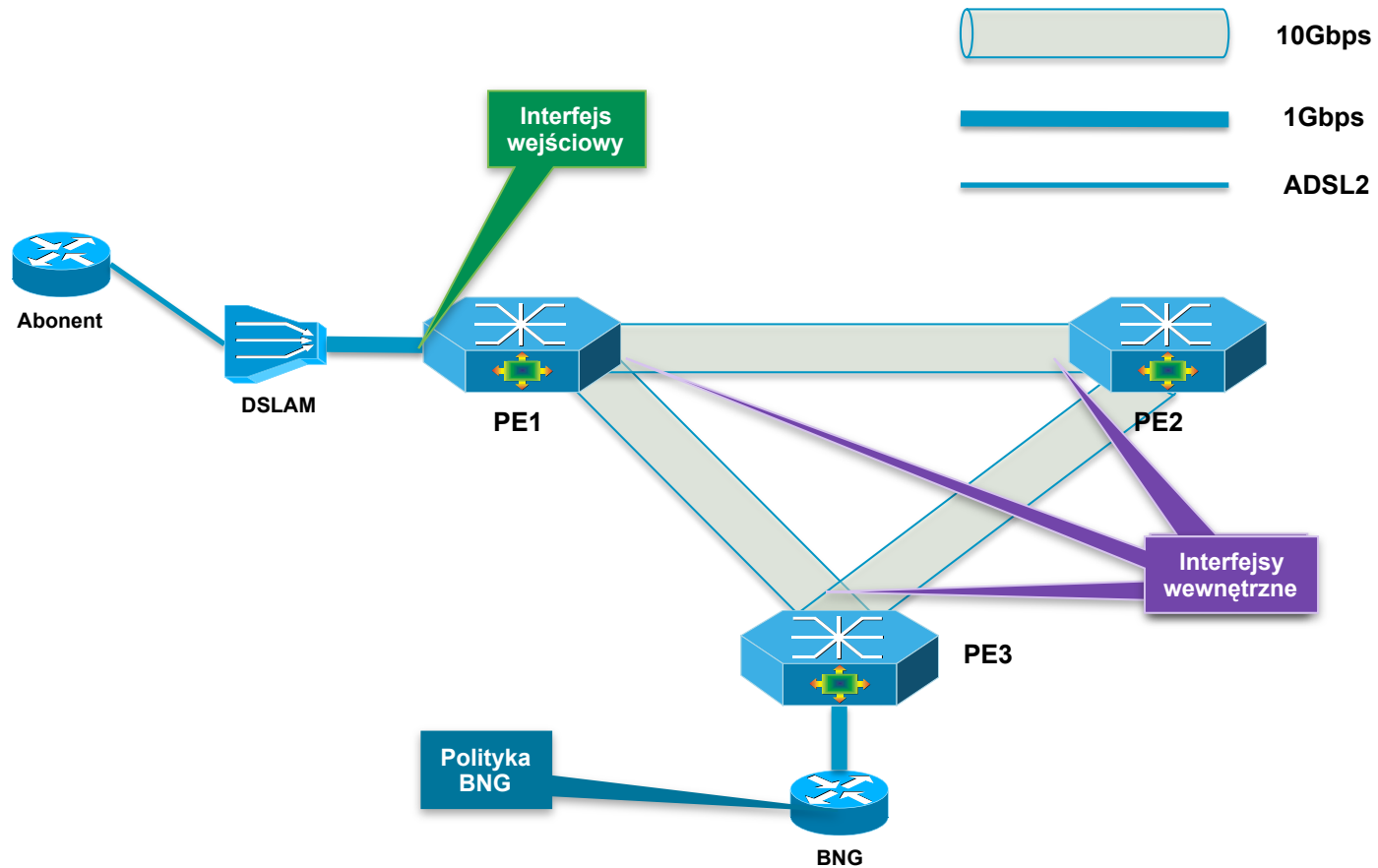
- Kolejowanie na interfejsie sesji użytkownika
- Budowa polityki wielousługowej dla danego użytkownika

## Nadania priorytetów klasom

## Dodanie mechanizmów typu WRED dla klasy ruchu internetowego

\* W przypadku, gdy ruch został oznaczony na wcześniejszych węzłach, można skorzystać z automatycznej propagacji QoS

# Przykład polityki



# Przykład – wartości QoS dla usług

Zdefiniujemy przykładowe wartości pól QoS i ich wzajemne mapowanie, spójne na wszystkich węzłach sieci:

- AF11, CoS 0, EXP 0 – dostęp do internetu
- AF21, CoS 1, EXP 1 – dostęp do aplikacji
- AF41, CoS 4, EXP 4 – ruch wideo
- EF, CoS 5, EXP 5 – ruch voice

# Medianet DiffServ QoS (na bazie RFC 4594)

Application Class	Per-Hop Behavior	Admission Control	Queuing & Dropping	Application Examples
VoIP Telephony	EF	Required	Priority Queue (PQ)	Cisco IP Phones (G.711, G.729)
Broadcast Video	CS5	Required	(Optional) PQ	Cisco IP Video Surveillance / Cisco Enterprise TV
Realtime Interactive	CS4	Required	(Optional) PQ	Cisco TelePresence
Multimedia Conferencing	AF4	Required	BW Queue + DSCP WRED	Cisco Unified Personal Communicator, WebEx
Multimedia Streaming	AF3	Recommended	BW Queue + DSCP WRED	Cisco Digital Media System (VoDs)
Network Control	CS6		BW Queue	EIGRP, OSPF, BGP, HSRP, IKE
Call-Signaling	CS3		BW Queue	SCCP, SIP, H.323
Ops / Admin / Mgmt (OAM)	CS2		BW Queue	SNMP, SSH, Syslog
Transactional Data	AF2		BW Queue + DSCP WRED	ERP Apps, CRM Apps, Database Apps
Bulk Data	AF1		BW Queue + DSCP WRED	E-mail, FTP, Backup Apps, Content Distribution
Best Effort	DF		Default Queue + RED	Default Class
Scavenger	CS1		Min BW Queue (Deferential)	YouTube, iTunes, BitTorrent, Xbox Live

[http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/WAN and MAN/QoS SRND 40/QoSIntro 40.html#wp61104](http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/WAN_and_MAN/QoS_SRND_40/QoSIntro_40.html#wp61104)

# Przykładowe polityki

- Interfejsy wejściowe do sieci agregacyjnej:

```
interface GigE0/0/0/0
  description TO-DSLAM-001
  !
interface GigE0/0/0/0.1 l2transport
  description HSI-SERVICE model N:1 -> to EoMPLS -> to BNG
  encapsulation dot1q 100
  service-policy input INGRESS_QOS
  !
  load-interval 30
  !

policy-map INGRESS_QOS
  class class-default
    set dscp ipv4 af11
    set mpls exp imposition 0
  !
  !
```

# Przykładowe polityki

- Interfejsy wewnętrzne sieci agregacyjnej:

```
interface TenGigE0/0/0/0
  description TO-NODE-2
  mtu 4488
  service-policy output QOS
  ipv4 address 10.10.10.1 255.255.255.0
  load-interval 30
!
policy-map QOS
  class VoIP
    priority level 1
    police rate percent 10
      exceed-action drop
  !
  class VIDEO
    priority level 2
    police rate percent 30
      exceed-action drop
  class INTERNET
    bandwidth remaining percent 50
    random-detect (...)
```

```
class-map match-any VOIP
  match dscp ef
  match cos 5
  match mpls exp 5
class-map match-any INTERNET
  match dscp af11 af12
  match cos 0 1
  match mpls exp 0 1
class-map match-any VIDEO
  match dscp af41
  match cos 4
  match mpls exp 4
```

# Przykładowe polityki

- Definicja QoS dla usługi Triple-play na BNG

```
class-map match-any VOIP
  match dscp ef
  match cos 5
  match mpls exp 5
class-map match-any INTERNET
  match dscp af11 af12
  match cos 0 1
  match mpls exp 0 1
class-map match-any VIDEO
  match dscp af41
  match cos 4
  match mpls exp 4

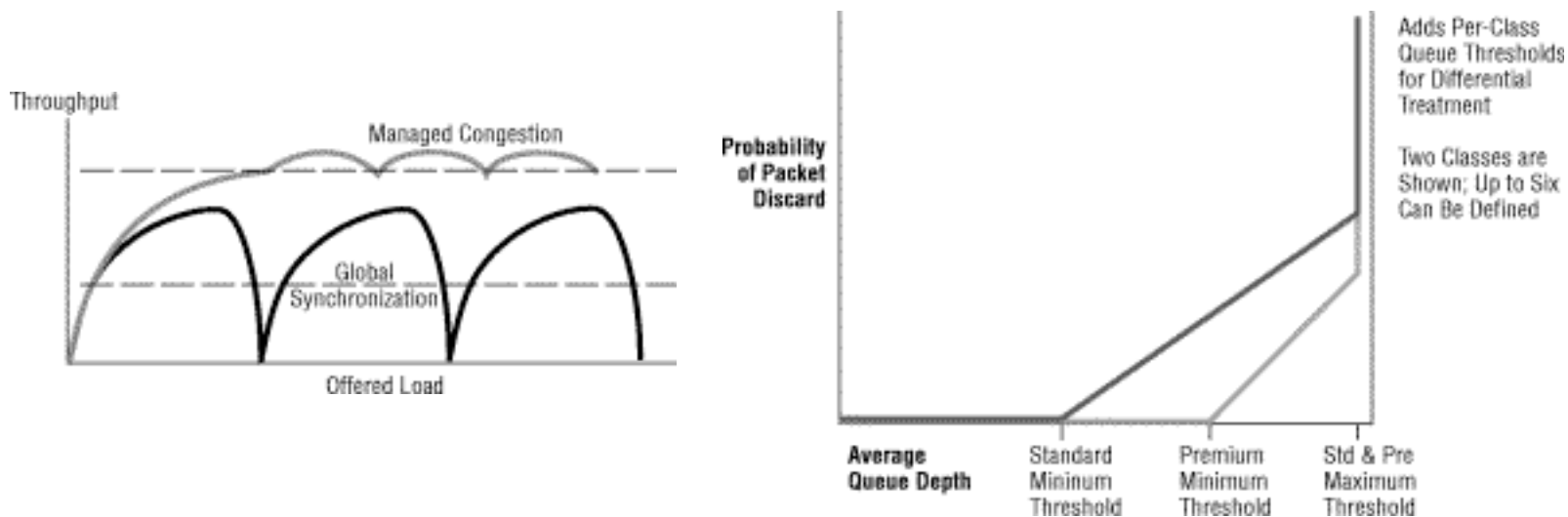
policy-map SUBSCRIBER-10MBPS
  class class-default
  shape average 10000000
  service-policy TRIPLE-PLAY
  bandwidth remaining ratio 30
```

```
policy-map TRIPLE-PLAY
  class VOIP-EF
    police cir 512000
    priority level 1
  class VIDEO-AF41
    police cir 60000000
    priority level 2
  class AF11-AF12
    bandwidth percent 30
    random-detect
    random-detect dscp af11 100 300 10
    random-detect dscp af12 100 300 20
    random-detect dscp af21 100 300 20
    random-detect dscp af22 100 300 30

policy-map SUBSCRIBER-5MBPS
  class class-default
  shape average 5000000
  service-policy TRIPLE-PLAY
  bandwidth remaining ratio 15
```

# WRED dla klasy ruchu internetowego

- Zalecane jest uruchomienie mechanizmów przeciwdziałania przeciążeniom w sieci dla klasy ruchu internetowego
- Np. WRED (Weighted Random Early Detection)
- Miejsce uruchomienia – wew. Interfejsy sieci agregacyjnej + polityki BNG



# Przykład – wyniki pomiarów

172.24.70.12

N2X Packets and Protocols: Session 1 (TPSA POD1) On LocalHost

Session Edit View Actions Results Tools Help

Setup Results Applications Options Ports Session 000:01:01 Traffic Capture Routing

Setup - Traffic

Port	Link Type	Label	Tx Load %	Rx Load %	Streams Used/Available	Cor
101/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	0.00	2.43	0 / 32,768	
102/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	0.00	3.90	0 / 32,768	
103/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	0.00	3.90	0 / 32,768	
104/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	0.00	0.00	0 / 32,768	
201/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	2.43	0.00	1 / 32,767	
202/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	3.90	0.00	1 / 32,767	
203/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	0.00	0.00	0 / 32,768	
204/1	Ethernet-10GbE LAN	10GBASE LAN	3.90	0.00	1 / 32,767	

Results - Realtime

Port	Tx Test Packets	Rx Test Packets	Tx Test Octets	Rx Test Octets	Tx Test Throughput (Mb/s)	Rx Test Throughput (Mb/s)	Rx Packet Loss	Average Latency (us)
204/1->103/1, BE", default_phb = 0	1925000	1925000	2887500000	2887500000	378.689	378.689	0	357.6
202/1->102/1, C2", default_phb = 10	1925000	1809886	2887500000	2714829000	378.689	356.043	115114	22574.6
201/1->101/1, C1, default_phb = 26	1200000	1200000	1800000000	1800000000	236.066	236.066	0	490.9

Traffic and Measurements

Stopping Traffic and Measurements on All Ports ...

Close

Port 202/1 (3.90% of TX line rate)

Name	Packet	VLAN IDs	L3 Source	L3 Destination
AGT_CONSTANT_PROFILE12 (100.00% of TX line rate)	IPv4 Unicast/4		IPv4/Ethernet	6.0.0.1-6.0.0.9
AGT_CONSTANT_PROFILE20 (0.00% of TX line rate)	IPv6 Unicast/4		IPv6/Ethernet	6::1-6::2710
AGT_CONSTANT_PROFILE28 (0.0 Fps)	IPv4 Multicast/4		IPv4/Ethernet	10.200.3.2-1
AGT_CONSTANT_PROFILE37 (4882810.0 Fps)	MPLS Traffic/4		IPv4/MPLS/Ethernet	6.0.0.1-6.3.2
AGT_CONSTANT_PROFILE55 (0.00% of TX line rate)	EF		IPv4/Ethernet	6.0.0.1-6.19.132.1
Profile 6 (0.00% of TX line rate)	C1'		IPv4/Ethernet	6.0.0.1-6.4.225.1
Profile 7 (385.000 L2 Mb/s)	C2'		IPv4/Ethernet	6.0.0.1-6.19.132.1
Profile 8 (0.00% of TX line rate)	C2-MPLS		IPv4/MPLS/Ethernet	6.0.0.1-2.19.132.1
Profile 9	RT-MPLS"		IPv4/MPLS/Ethernet	6.0.0.1-2.19.132.1
Profile 10	BE"		IPv4/Ethernet	6.0.0.1-6.4.225.1
Profile 11				
Profile 12				
Profile 13				
Profile 14				
Profile 15 (0.00% of TX line rate)	QoS MPLS Traffic/4		IPv4/MPLS/Ethernet	6.0.0.1-2.4.225.1

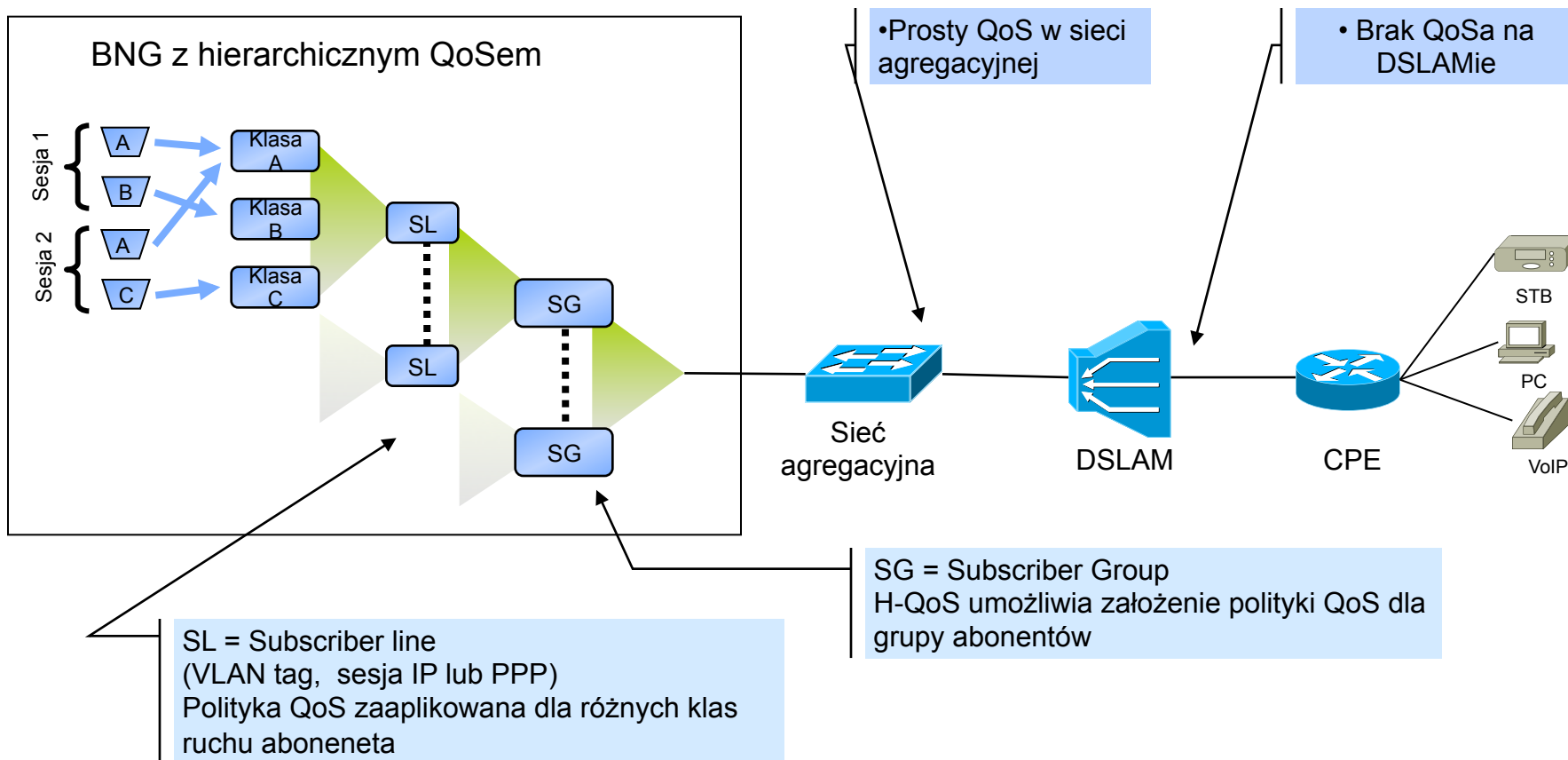
Port 104/1  
Port 203/1  
Port 202/1  
Port 204/1

Tx Test Packets

Rx Test Packets

# H-QoS – agregacja abonentów na BNG

## Główne zastosowanie na urządzeniach BNG



# Trzy poziomowa polityka H-QoS

```
policy-map PARENT
class class-default
  shape average 400000000
  service-policy CHILD policy-map
```

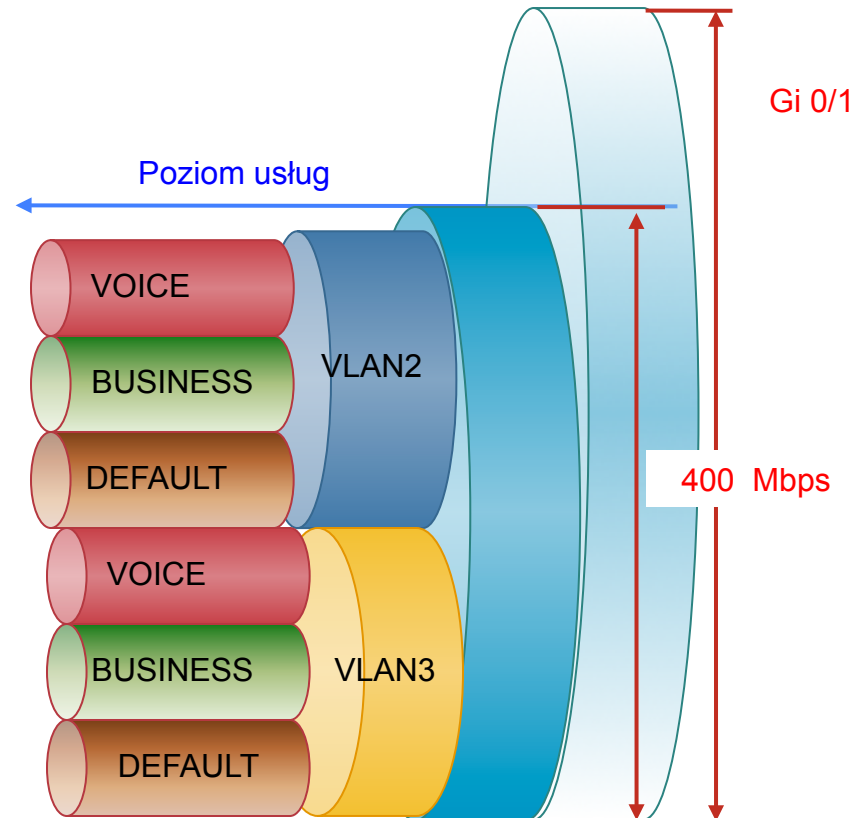
!

```
policy-map CHILD
class VLAN2
  bandwidth remaining ratio 3
  service-policy GRANDCHILD
class VLAN3
  bandwidth remaining percent 1
  service-policy GRANDCHILD
```

!

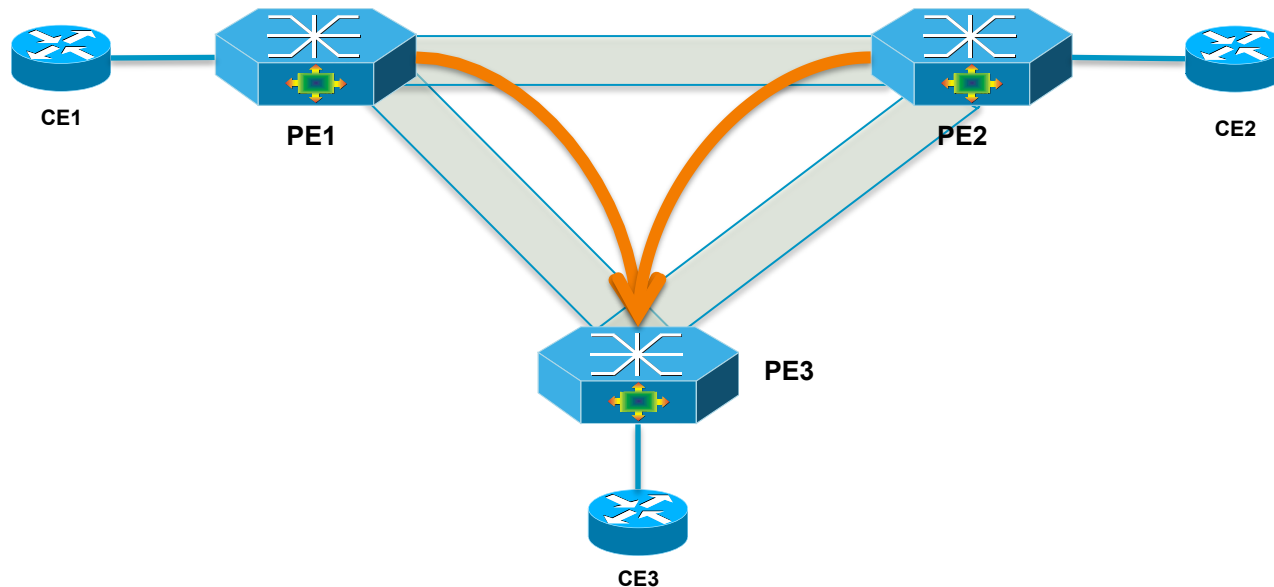
```
GRANDCHILD
class VOICE
  priority level 1
class BUSINESS
  bandwidth remaining ratio 9
class class-default
  bandwidth remaining ratio 1
```

```
Interface gigabitethernet 0/1
  service-policy output PARENT
```



# Usługi business L2VPN

- Klient biznesowy wykupił usługę L2VPN łączącą trzy lokalizacje.
- Usługa charakteryzuje się przepustowością 100Mbps/100Mbps.
- Urządzenia CE1 i CE2 wysyłają 100Mbps ruchu w kierunku CE3



# Usługi business L2VPN

- QoS dla usługi:

```
interface GigE0/0/0/0
  description TO-PRE-AGG
  !
interface GigE0/0/0/0.1 l2transport
  encapsulation dot1q 100
  service-policy input POLICE
  service-policy output SHAPE
  !
  load-interval 30
  !
```

```
policy-map POLICE
  class class-default
    police rate 100 mbps
    exceed-action drop
  !
  !
```

```
policy-map SHAPE
  class class-default
    shape average 100 mbps
  !
  !
```

# Jakość usług wideo – MoFRR

- MoFRR – Multicast only Fast ReRoute
  - Prosty mechanizm pozwalający na uzyskanie krótkiego czasu przełączenia źródła ruchu typu multicast
  - Rozwiązanie oparte o natywny stos IP, nie wymaga skomplikowanego w utrzymaniu MPLS TE FRR
  - Możliwość osiągnięcia czasu przełączenia  $< 50\text{ms}$ , a nawet bezstratnego przełączenia z wykorzystaniem technologii monitorowania strumieni wideo\*.

\*Dostępność w najbliższych wersjach IOSa, IOS-XR

# MoFRR – Przykład działania

```
ipv4 access-list MoFRR
 20 permit ipv4 any 231.1.0.0 0.0.255.255
 30 permit ipv4 any 232.1.0.0 0.0.255.255
```

```
router pim
 address-family ipv4
  mofrr MoFRR
```

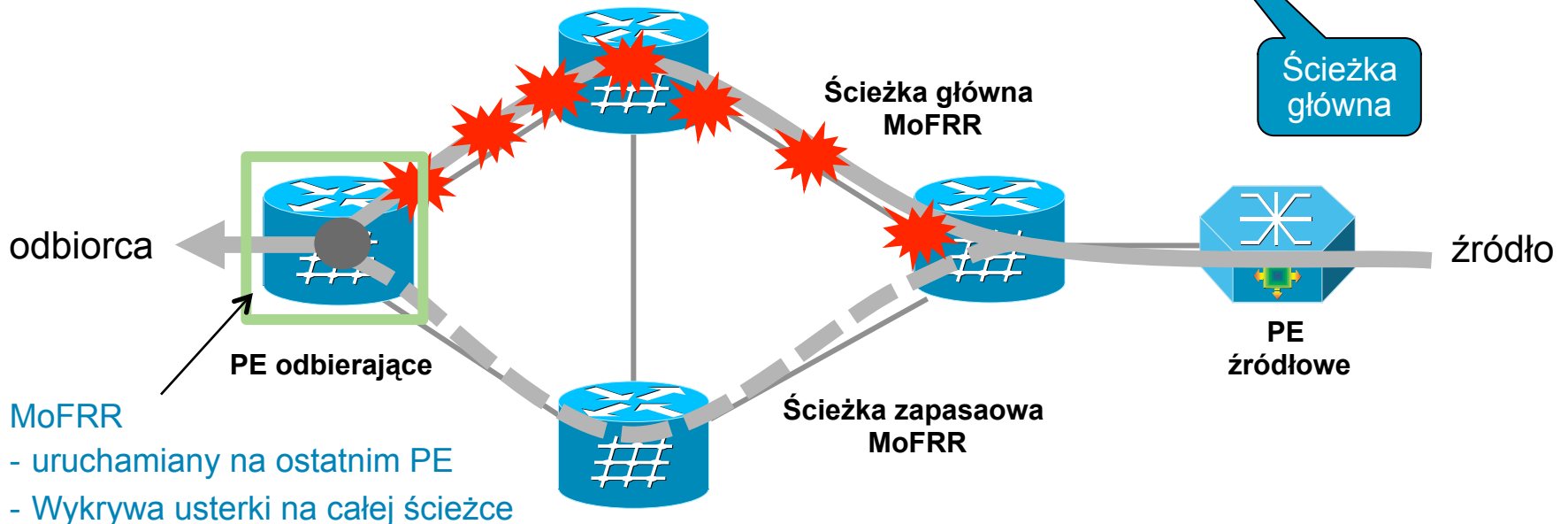
```
show mfib hardware route mofrr
location <loc>
```

```
show mrib route 232.1.1.1 1.3.13.100 detail
<snip>
```

```
(1.3.13.100,232.1.1.1) Ver: 0x383a RPF nbr: 10.0.102.2
Flags: MoFE MoFS, FMA: 0x50130f98
Up: 04:55:57
MOFRR State: Inactive Sequence No 1
Incoming Interface List
  TenGigE0/0/0/0.1 Flags: A2, Up: 00:03:11
  TenGigE0/0/0/1.1 Flags: A, Up: 04:00:09
Outgoing Interface List
  TenGigE0/0/0/7.13 Flags: F M S LI, Up: 04:55:57
```

Ścieżka  
zapasowa

Ścieżka  
główna



MoFRR

- uruchamiany na ostatnim PE
- Wykrywa usterki na całej ścieżce

# Kiedy włącza się MoFRR

Trzy mechanizmy wyzwajające:

- **Control Plane** (bazujące na **RIB/IGP**)
  - Przełączenie wyzwolone zmianą ścieżki protokołu IGP
  - Przełączenie zachodzi tylko po zmianie głównej ścieżki multicastu MoFRR.
  - Średni czas przełączenia tego rodzaju to rząd kilkuset milisekund
- **Data Plane** (bazujące na strumieniu ruchu)
  - Przełączenie wyzwolone zaobserwowaną utratą ruchu w ASICu.
    - Brak ruchu na głównym interfejsie RPF – 30ms
  - Czas przełączenia poniżej 50 ms
- **Video monitoring (VidMon)**
  - Przełączenie wyzwolone stratą w jakości wideo
    - Przyczyny: przeciążenie, przepełnienie buforów QoS, błędy pakietów MPEG, duży jitter/opóźnienie, etc
  - Progi przełączenia VidMon ustawione w celu reagowania przed wystąpieniem straty

Strata ruchu

Bezstratnie

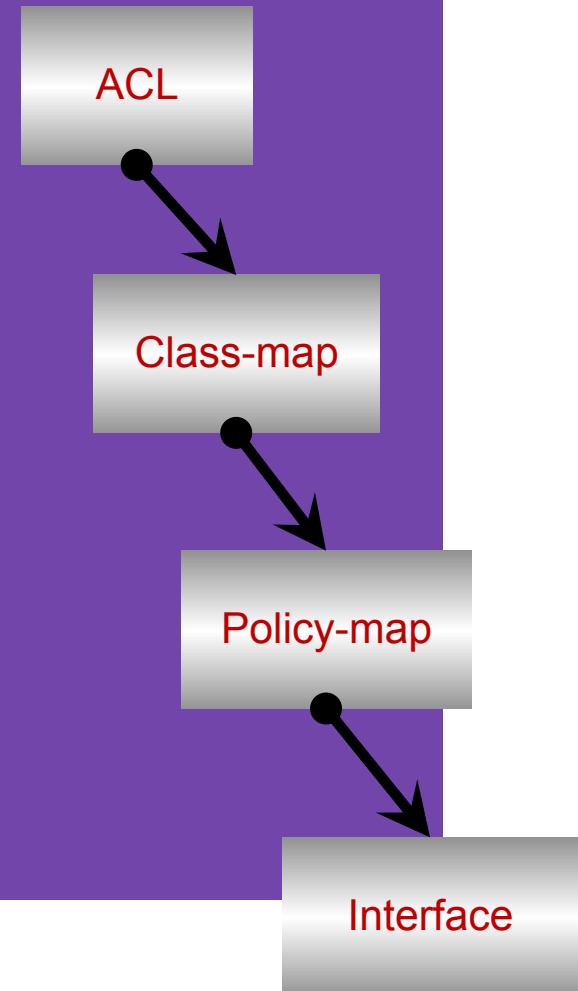
# Jakość usług wideo – VidMon

- VidMon – zestaw metryk służących oszacowaniu jakości strumienia wideo.
- Więcej niż jedna metryka VidMon może zostać użyta do określenia jakości
- Na podstawie pomiaru urządzenie może:
  - Zgłosić komunikat przez Syslog, SNMP, do systemu NMS
  - Dokonać reaktywnego przełączenia strumienia
  - Dokonać proaktywnego przełączenia strumienia – MoFRR

# VidMon – przykład

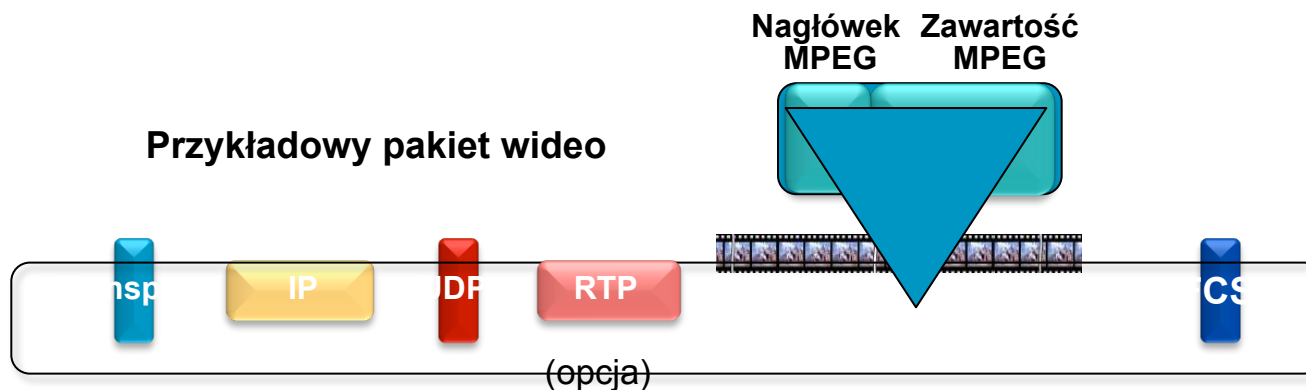
- Funkcjonalność podobna w konfiguracji do QoSa
- Monitoruje wybrane strumienie wideo na interfejsie

```
ipv4 access-list vidmon_acl:
 10 permit udp any eq 4000 any eq 4000
!
class-map type traffic match-any vidmon_class
 match access-group ipv4 my_acl
end-class-map
!
policy-map type performance-traffic vidmon_pm
 class type traffic vidmon_class
  monitor parameters
   interval duration 10
   history 10
   timeout 2
!
 monitor metric ip-cbr
  rate layer3 packet 100 pps
!
 react 1 packet-rate
  threshold type immediate
  threshold value gt 200.0
  action syslog
  alarm severity warning
  alarm type discrete
!
end-policy-map
!
interface GigabitEthernet0/0/0/8
```



# VidMon – dostępne metryki

Metryka	Pomiar
Media Delivery Index (MDI: MLR, DF)	Nagłówki MPEG2/4 – strata i opóźnienia
Media Discontinuity Counter (MDC)	Nagłówki MPEG2/4 – liczba utraconych komunikatów
RTP Loss and Jitter	Nagłówki RTP – strata i opóźnienia
Media Rate Variation (MRV)	Nagłówki IP/UDP – różnica opóźnień
Media Stop Event (MSE)	Uśredniona ciągłość ruchu



# VidMon – reakcja na alarm

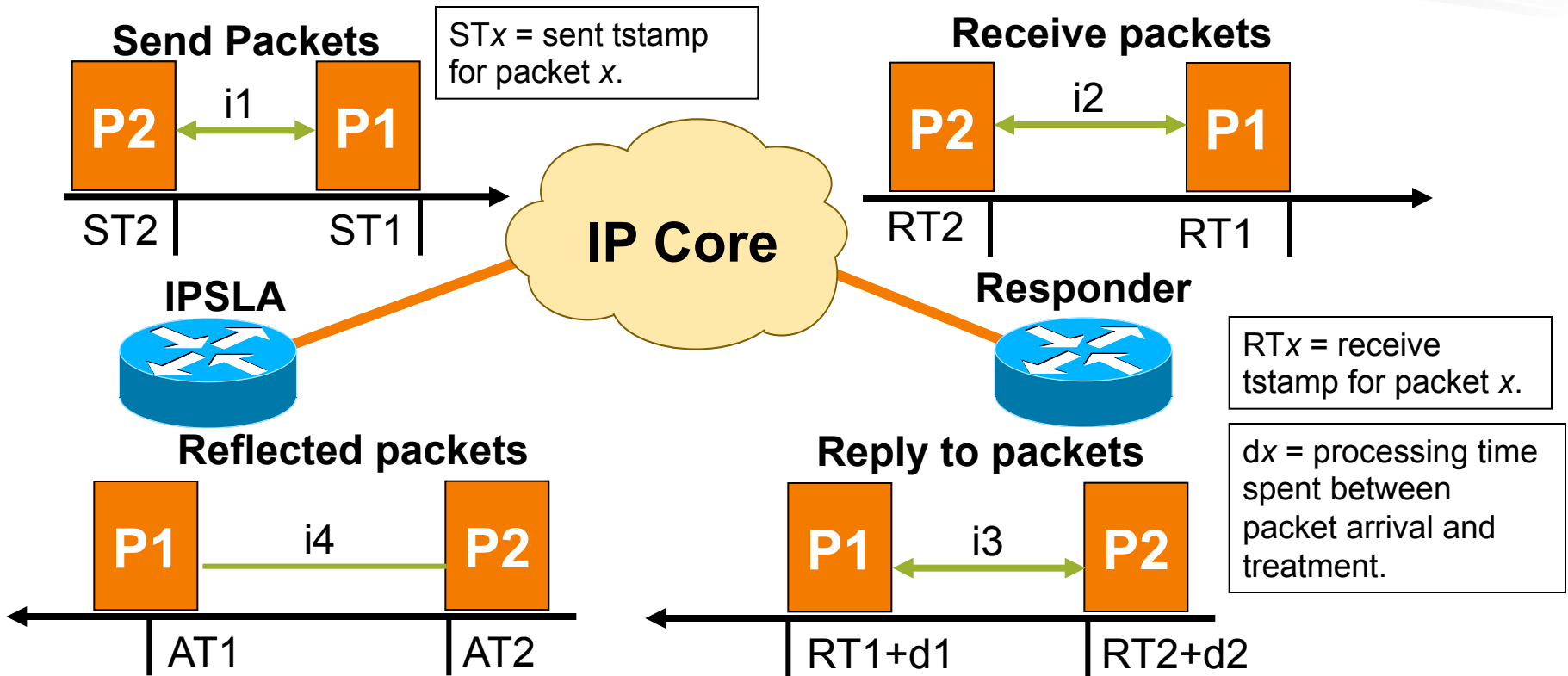
React	Kryterium wyzwolenia alarmu
mrp	Gdy MRV (Media Rate Variation) zmieni się o określoną wartość (%)
delay-factor	Gdy opóźnienie pakietów przekroczy wartość (ms)
media-stop	Gdy strumień się zatrzyma
packet-rate	Gdy ilość pakietów na sekundę osiągnie daną wartość (pps)
flow-count	Gdy liczba strumieni w danej klasie osiągnie daną wartość

```
react 1 packet-rate
  threshold type immediate
  threshold value gt 200.0
  action syslog
  alarm severity alert
  alarm type discrete
```

# Monitorowanie jakości – IP SLA

- IP SLA to system aktywnego próbkowania w celu pomiaru jakości
- Szerokie spektrum wykorzystanie:  
UDP, TCP, ICMP, HTTP, DNS, DHCP, FTP, Ethernet, MPLS/IP
- Dokładność rzędu mikrosekund
- Zarządzany przez CLI (Command Line Interface), protokół SNMP
  
- Np. UDP Jitter – pomiar opóźnienia, różnicy opóźnień, błędów, zjawiska out-of-order, strat pakietów.
- Inny przykład – RTP IP SLA – wysyła przygotowany strumień zakodowany kodekami – np. G.711, G.729 – dokonuje autentycznego pomiaru jakości treści, nie pakietów.
  
- Zastosowanie 1: zapewnienie usług typu Premium dla klientów
- Zastosowanie 2: podwyższenie jakości usług operatora

# UDP Jitter – sposób pomiaru



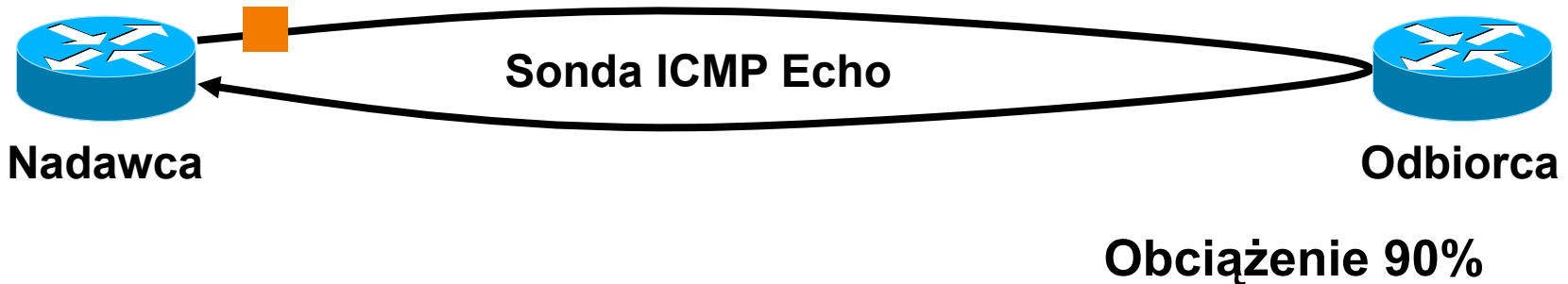
ATx = receive timestamp for packet x.

Each packet contains STx, RTx, ATx, dx and the source can now calculate:

**JitterSD** = (RT2-RT1)-(ST2-ST1) = **i2-i1**

**JitterDS** = (AT2-AT1)-((RT2+d2)-(RT1+d1)) = **i4-i3**

# IP SLA – monitorowanie ICMP



- Bez obciążenia CPU – RTT wynosi 15ms
- Z obciążonym w 90% CPU: **58.5 ms!!**

**Dowolny system dostarczy nieprecyzyjne wyniki, gdy korzystamy z sondy opartej o ICMP Echo Request i ICMP Echo Reply – jeśli tylko ma obciążone CPU.**

# UDP Jitter – przykład konfiguracji

- Symulacja rozmowy VoIP w kodeku G.711
- Porty RTP/UDP:  $\geq 16384$  , rozmiar pakietu: 172B (160B – payload + 12B RTP)
- Pakiety wysyłane co 20 milisekund
- Wartość pola DSCP: 8 (TOS 0x20)

```
ip sla 1
  udp-jitter 10.52.130.68 16384 \
    num-packets 1000 interval 20
  tos 0x20
  frequency 60
  request-data-size 172
ip sla schedule 1 life forever start-time now
```



A = 20 ms

B = 20 s (1000 x 20 ms)

C = 40 s (60 s - 20 s)

# UDP Jitter – podgląd wyników pomiaru

```
etychon-1#sh ip sla statistics 1
Round trip time (RTT)   Index 1
    Latest RTT: 1 ms
Latest operation start time: *10:33:11.335 PST Fri Oct 7 2005
Latest operation return code: OK
```

## RTT Values

```
    Number Of RTT: 20
    RTT Min/Avg/Max: 1/1/4 ms
```

## Latency one-way time milliseconds

```
    Number of Latency one-way Samples: 20
    Source to Destination Latency one way Min/Avg/Max: 1/1/2 ms
    Destination to Source Latency one way Min/Avg/Max: 1/1/3 ms
```

## Jitter time milliseconds

```
    Number of Jitter Samples: 19
    Source to Destination Jitter Min/Avg/Max: 4/4/4 ms
    Destination to Source Jitter Min/Avg/Max: 3/3/3 ms
```

## Packet Loss Values

```
    Loss Source to Destination: 0           Loss Destination to Source: 0
    Out Of Sequence: 0           Tail Drop: 0           Packet Late Arrival: 0
```

## Voice Score Values

```
    Calculated Planning Impairment Factor (ICPIF): 0
    Mean Opinion Score (MOS): 0
```

```
Number of successes: 5
```

```
Number of failures: 3
```

```
Operation time to live: 3166 sec
```

# Podsumowanie

- Czynniki istotne dla QoS
- QoS w różnych miejscach sieci
  - Wejście do sieci
  - Interfejsy wewnętrzne sieci
  - BNG
  - Usługi L2VPN
- Hierarchiczny QoS
- Metody zapewnienia jakości wideo – MoFRR, VidMon
- Metody monitorowania jakości zastosowanego QoS

Thank you.

