



Arquiteturas para Provisão de QoS na Internet

Nelson L. S. da Fonseca

IC-UNICAMP



Roteiro

- Motivação;
- Princípios de *Garantia de QoS*;
- Arquitetura *IntServ*,
- Protocolo RSVP;
- Arquitetura *DiffServ*,
- Referências Bibliográficas.



Roteiro

- **Motivação;**
- Princípios de *Garantia de QoS*;
- Arquitetura *IntServ*,
- Protocolo RSVP;
- Arquitetura *DiffServ*,
- Referências Bibliográficas.

Motivação

- O serviço oferecido atualmente pela Internet é o tipo de serviço mais simples que pode ser oferecido por uma rede: o serviço **melhor-esforço** (*best-effort*);
- Este serviço não oferece **nenhuma garantia** às aplicações, sejam elas garantias de recursos ou de diferenciação de serviço;
- No serviço "melhor esforço" apenas um único nível de serviço é oferecido independente dos diferentes requisitos de qualidade que as aplicações possuam;

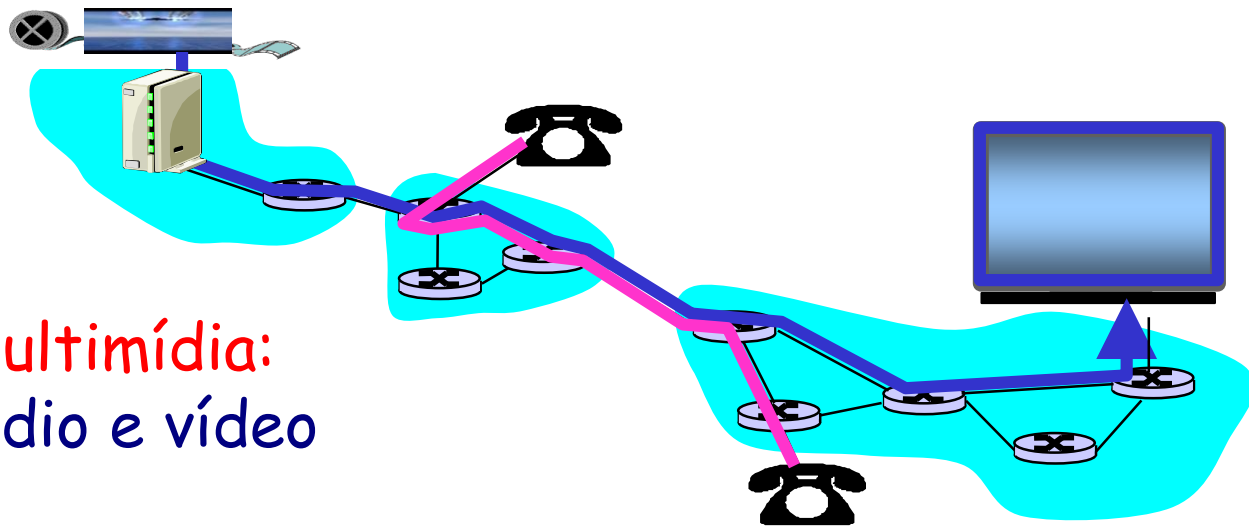


Motivação

- Com o surgimento de novas aplicações multimídia, o modelo de serviço melhor-esforço tornou-se inadequado;
- O modo de comutação de pacotes não provê garantias de recursos;
- Várias aplicações multimídia necessitam de um nível mínimo de recursos para operar de forma eficiente;

Motivação

- **Multimídia em Redes;**
 - ✓ Tipicamente é **sensível a atrasos;**
 - ✓ **Tolerante a perdas:** perdas raras causam pequenos distúrbios que podem ser compensados;
 - ✓ Antítese da transmissão de dados (programas, trans. Bancárias, etc.), que são intolerantes a perdas mas toleram atrasos;



Aplicações Multimídia:
redes com audio e vídeo

Motivação

➤ Multimídia em Redes;

✓ Classes de Aplicação:

⇒ Áudio e vídeo armazenados;

- Os clientes solicitam arquivos de áudio/vídeo de servidores e efetuam o pipeline da recepção através da rede e apresentação;
- Interativo: usuário pode controlar a operação (semelhante ao VCR: pausa, retomada, avanço rápido, retorno, etc.);
- Atraso: desde o pedido do cliente até que a apresentação tenha início pode variar de 1 a 10 segundos;

⇒ *Streaming* de áudio e vídeo ao vivo - Tempo real unidirecional;

- Semelhante às estações de TV e rádio convencionais, mas com distribuição através da Internet;
- Não interativa, apenas escuta e vê

⇒ Vídeo interativo de tempo real - Tempo real bidirecional;

- Tele ou vídeo conferência
- Requisitos de atraso mais exigentes: vídeo: < 150 msec é aceitável; áudio: < 150 msec é bom, <400 msec é aceitável;



Motivação

- A transformação da Internet em uma infraestrutura comercial e a demanda por serviços com diferentes níveis de qualidade levou ao desenvolvimento de novos modelos de serviço, nos quais as necessidades das aplicações podem ser especificadas.
- A qualidade de transporte oferecida ao fluxo de pacotes gerados por uma aplicação é normalmente denominada **Qualidade de Serviço**, ou QoS (*Quality of Service*);



Motivação

- O surgimento de novas aplicações multimídia fez com que tecnologias fossem desenvolvidas para atender as demandas de qualidade de serviço dessas aplicações:
 - ✓ Arquitetura de Integração de Serviços ou *IntServ*,
 - ✓ Arquitetura de Diferenciação de Serviços ou *DiffServ*,



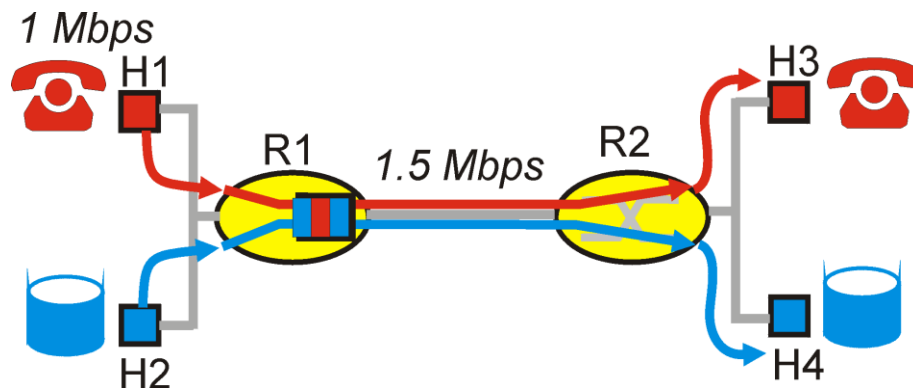
Roteiro

- Motivação;
- Princípios de *Garantia de QoS*;
- Arquitetura *IntServ*;
- Protocolo RSVP;
- Arquitetura *DiffServ*;
- Referências Bibliográficas.

Princípios de Garantia de QoS

- Considere uma aplicação de telefonia a 1Mbps e uma aplicação de FTP compartilhando um canal de 1.5 Mbps;
 - ✓ Surtos de FTP podem congestionar o roteador e causar a perda de pacotes de áudio;
 - ✓ O ideal seria dar prioridade ao tráfego de áudio sobre o de FTP;

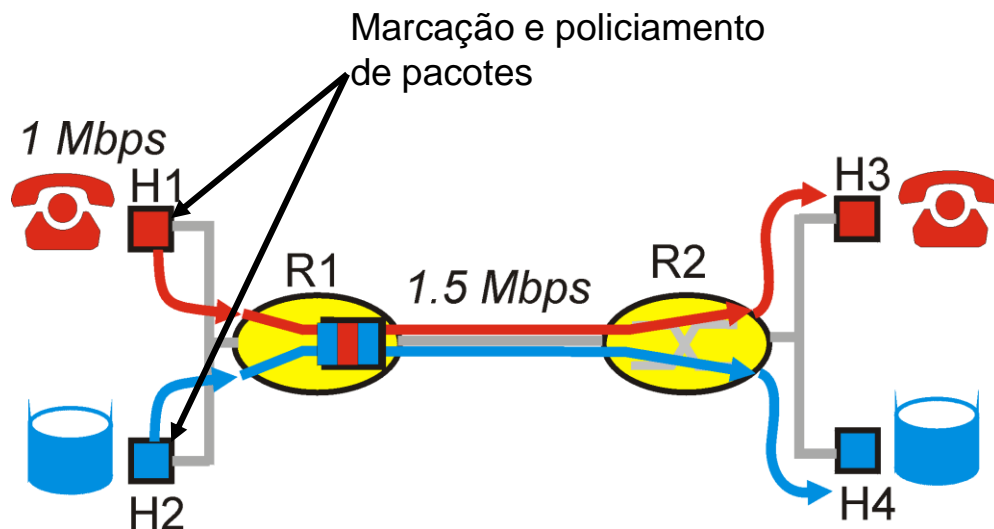
PRINCÍPIO 1: É preciso marcar os pacotes para que o roteador faça uma distinção entre as classes diferentes; e uma nova política no roteador para tratar os pacotes de acordo com a marcação



Princípios de Garantia de QoS

- Considere uma aplicação de telefonia a 1Mbps e uma aplicação de FTP compartilhando um canal de 1.5 Mbps;
 - ✓ Suponha que a aplicação de áudio se comporte mal, enviando pacotes a uma taxa mais elevada do que os 1Mbps assumidos acima;

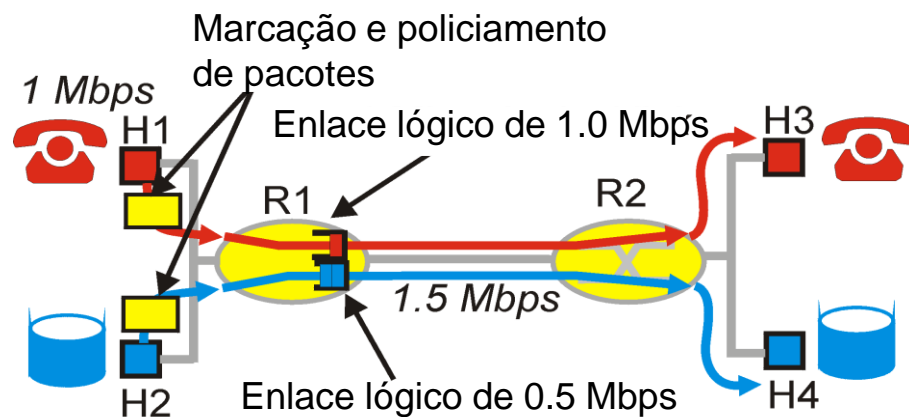
PRINCÍPIO 2: É preciso fornecer proteção (isolamento) de uma classe sobre outras classes; requer mecanismos de policiamento



Princípios de Garantia de QoS

- Considere uma aplicação de telefonia a 1Mbps e uma aplicação de FTP compartilhando um canal de 1.5 Mbps;
 - ✓ Alocar uma dada porção da largura de banda para cada fluxo das aplicações; pode levar ao uso ineficiente da banda se um destes fluxos não utilizar o que lhe foi alocado;

PRINCÍPIO 3: Além de garantir o isolamento entre os fluxos, é desejável utilizar os recursos o mais eficientemente possível

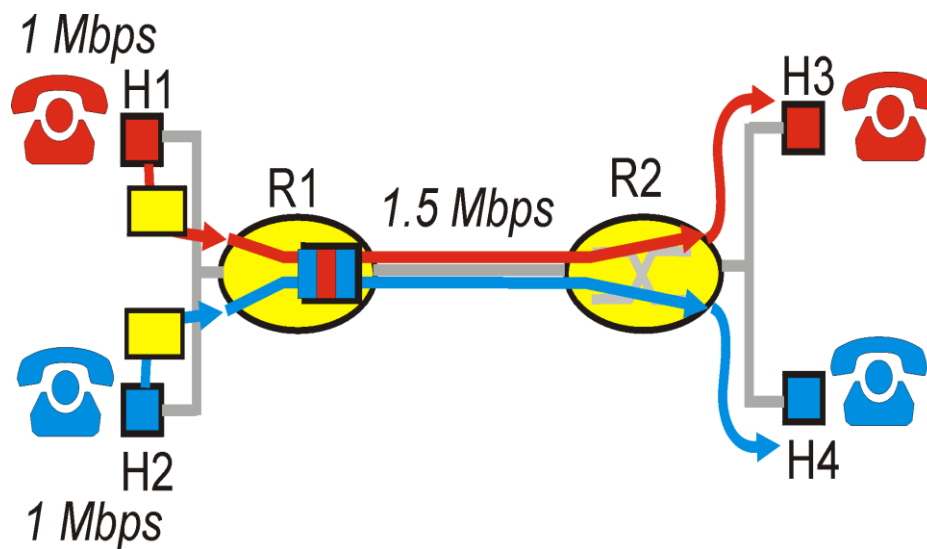


Princípios de Garantia de QoS

- Considere duas aplicações de telefonia a 1.0 Mbps compartilhando um canal de 1.5 Mbps;
 - ✓ Não é possível atender a um tráfego superior à capacidade do enlace;

PRINCÍPIO 4:

Processo de Admissão de Chamadas; o fluxo da aplicação declara as suas necessidades; a rede pode bloquear a chamada se não puder atender a estas necessidades



Princípios de Garantia de QoS

QoS para Aplicações em Rede

Classificação dos pacotes

Isolamento: escalonamento
e policiamento

Alta utilização dos recursos

Admissão de chamadas



Roteiro

- Motivação
- Princípios de Garantia de QoS;
- *Arquitetura IntServ,*
- Protocolo RSVP;
- *Arquitetura DiffServ,*
- Referências Bibliográficas.



Arquitetura IntServ

- Duas classes de serviços: **Serviço Garantido** e **Serviço de Carga Controlada**;
- O nível de QoS que cada uma destas classes provê é programada de acordo com as requisições das aplicações para cada fluxo;
- A arquitetura *IntServ* especifica que as aplicações devem solicitar os recursos necessários através de um protocolo de reserva de recursos, **RSVP**;

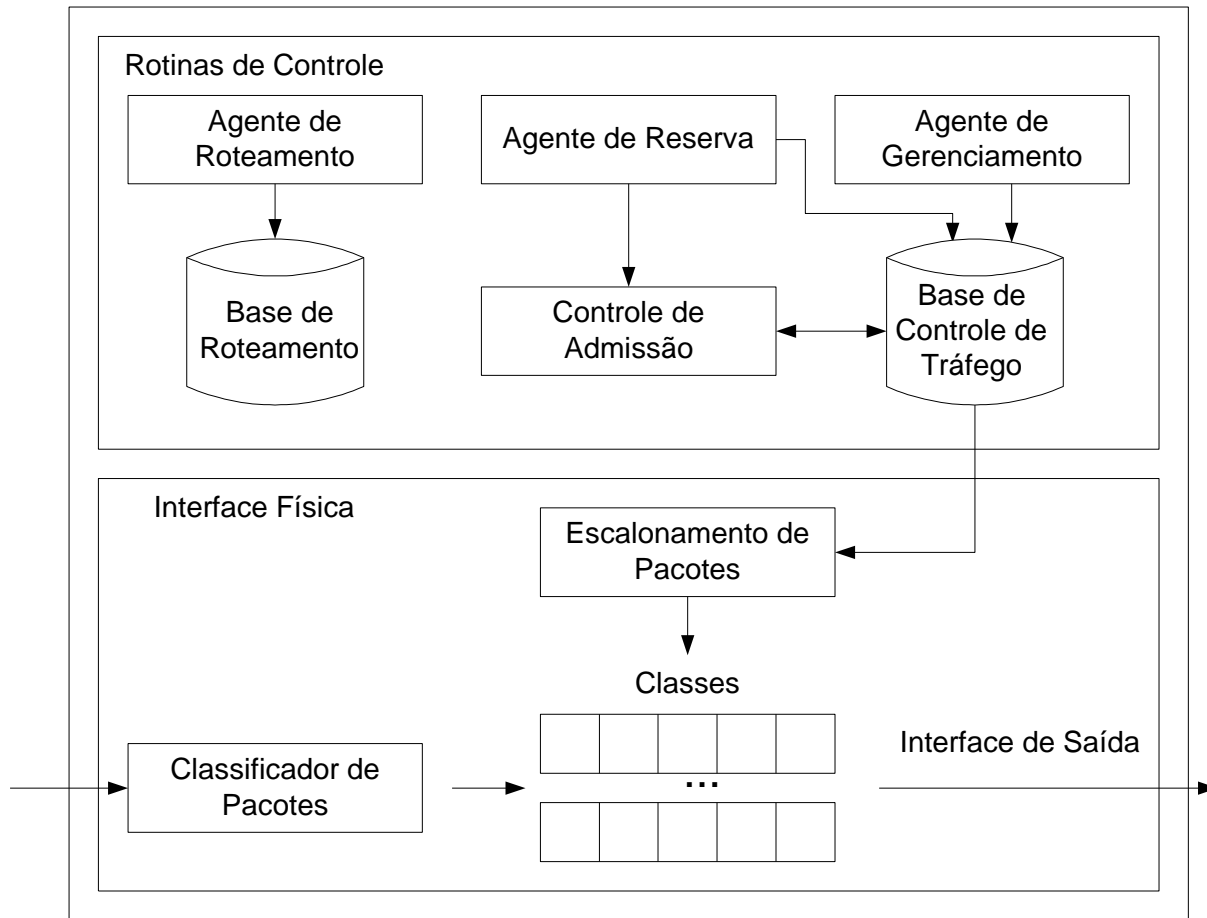


Arquitetura IntServ

- Os roteadores fazem o controle do tráfego para garantir às aplicações que suas requisições de QoS serão atendidas;
- O controle de tráfego presente nos roteadores é composto por três mecanismos:
 - ✓ **Controle de Admissão:** avalia a possibilidade de atender as requisições de QoS de um novo fluxo, sem no entanto afetar as garantias de QoS dos fluxos existentes
 - ✓ **Classificador:** mapeia os pacotes recebidos pelo roteador para uma das classes de serviço e os coloca em uma fila específica de transmissão
 - ✓ **Escalonador:** gerencia o envio de pacotes e implementa as prioridades nas filas de transmissão;

Arquitetura IntServ

- Relação entre os mecanismos de Controle de Tráfego





Arquitetura IntServ

- Classes de Serviço da Arquitetura *IntServ*
 - ✓ Serviço Garantido:
 - ⇒ Atende as necessidades de aplicações com requisitos explícitos de transmissão, tais como: garantia de banda passante, limites para atraso fim-a-fim e ausência de perdas nas filas;
 - ⇒ Adequada para aplicações de tempo real, ou aplicações que sejam sensíveis a perdas e atrasos;
 - ⇒ Os recursos são: banda passante R e uma quantidade de espaço nos *buffers*, B , adequada para garantir a banda R ;

Arquitetura IntServ

- Classes de Serviço da Arquitetura *IntServ*
 - ✓ Serviço Garantido:
 - ⇒ O roteador deve ser informado das características do fluxo e das suas necessidades ou requisitos de QoS; Estas informações são denominadas respectivamente de *Tspec* e *Rspec*:
 - Caso as requisições informadas em *Rspec* possam ser atendidas, o fluxo é policiado para garantir que está de acordo com as características definidas em *Tspec*;
 - Caso o fluxo não esteja de acordo com *Tspec*, poderá ser readequado ou remodelado para atender estas especificações;
 - Caso isto não seja possível, será encaminhado de acordo com o serviço "melhor-esforço";

Arquitetura IntServ

➤ Classes de Serviço da Arquitetura IntServ

✓ Serviço Garantido:

⇒ *Tspec*

- *p*: taxa de pico (bytes/seg);
- *b*: tamanho do balde (bytes);
- *r*: taxa de geração de fichas (bytes/seg);
- *m*: tamanho mínimo a ser policiado (bytes); qualquer pacotes com tamanho menor que *m*, será tratado como se tivesse *m* bytes;
- *M*: tamanho máximo do pacote que pode ser aceito (bytes);

⇒ *Rspec*:

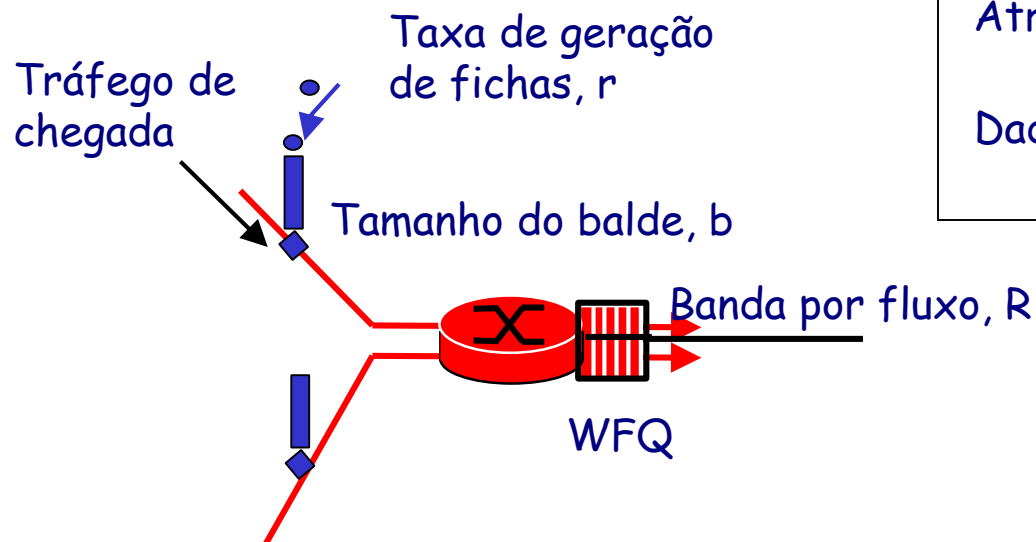
- *R*: requisito de banda (bytes/seg);
- *S*: quantidade extra de atraso que os nós podem adicionar e ainda assim atender o requisito de atraso máximo (microseg);

Arquitetura IntServ

➤ Classes de Serviço da Arquitetura *IntServ*

✓ Serviço Garantido:

- ⇒ Usa WFQ como política de escalonamento e *Leaky-Bucket* como política de policiamento para garantir um limite para o atraso no pior caso e dar garantias de banda passante;



Atraso máximo: $D_{\max} \bar{b}/R$

Dado que $R \geq r$

Arquitetura IntServ

- Classes de Serviço da Arquitetura *IntServ*
 - ✓ Serviço Garantido - Limites do atraso fim a fim:
 - ⇒ Considere um *leaky bucket* (r, b) controlando o fluxo;
 - ⇒ No enlace l : $Atraso(l) \leq b / R_l + C_l / R_l + D_l$
 - R_l : taxa mínima garantida (pelo menos r);
 - C_l : erro dependente da taxa e do tamanho do pacote;
 - D_l : tempo de atraso fixo (independente do tamanho do pacote)
 - ⇒ Considerando os termos de erro, o atraso fim-a-fim, da origem ao destino, ao longo de um caminho P é dado por:
 - C_{tot} : soma de todos os C_l ao longo do caminho P ;
 - D_{tot} : soma de todos os D_l ao longo do caminho P ;

$$D_{fim-a-fim} = \begin{cases} \frac{(b-M) \cdot (p-R)}{R \cdot (p-R)} + \frac{M + C_{tot}}{R} + D_{tot} & \text{se } r \leq R < p \\ \frac{M + C_{tot}}{R} + D_{tot} & \text{se } r \leq p \leq R \end{cases}$$

Arquitetura IntServ

- Classes de Serviço da Arquitetura *IntServ*
 - ✓ Serviço de Carga-controlada:
 - ⇒ Não provê garantias estritas de serviço como as da classe de serviço garantido; fornece um serviço que muito se aproxima do serviço fornecido pelo modelo melhor-esforço quando a carga na rede é leve;
 - ⇒ Adequada para aplicações que necessitam de um serviço mais confiável e eficiente que o serviço "melhor-esforço" e que suportam pequenos atrasos e perdas, tais como aplicações adaptativas de tempo real;
 - ⇒ Uma aplicação que deseja este serviço deve informar suas características, T_{spec} , aos roteadores. Estes, por sua vez, caso aceitem o novo fluxo, devem garantir um serviço melhor que o oferecido pelo serviço melhor esforço;



Arquitetura IntServ

✓ Vantagem

- ⇒ Os requisitos de QoS das aplicações são atendidos com garantia e exatidão;

✓ Desvantagens

- ⇒ O Modelo *IntServ* não é escalável: a manutenção de estados pelos roteadores é difícil devido ao grande número de fluxos
- ⇒ **Complexidade** imposta aos roteadores: exige-se que os roteadores possuam todos os mecanismos que dão suporte ao modelo;
- ⇒ **Modelo de serviços restrito**: Intserv possui apenas duas classes e é desejável prover mais classes de serviço qualitativas e prover distinção relativa entre serviços;



Roteiro

- Motivação
- Princípios de Garantia de QoS;
- Arquitetura *IntServ*,
- Protocolo RSVP;
- Arquitetura *DiffServ*,
- Referências Bibliográficas.

Protocolo RSVP

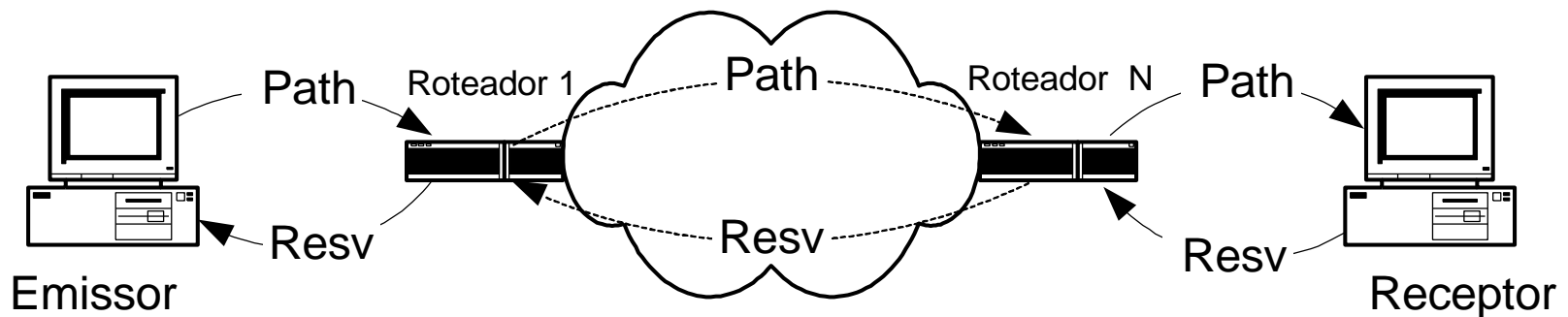
- Protocolo de sinalização que permite que aplicações reservem recursos para o seus fluxos;
- É utilizado por um nó, em nome de um fluxo de uma aplicação para requisitar uma determinada quantidade de recursos para que a aplicação possa funcionar;
- Também é utilizado pelos roteadores para encaminhar requisições de serviços;
- Para que RSVP possa ser utilizado, emissores, receptores e roteadores devem suportá-lo;
- Principais características:
 - ✓ Baseado em IP Multicast;
 - ✓ A reserva de recursos é iniciada pelo receptor;

Protocolo RSVP

- Também é utilizado pelos roteadores para encaminhar requisições de serviços;
- Para que RSVP possa ser utilizado, emissores, receptores e roteadores devem suportá-lo;
- RSVP não especifica como se deve determinar a quantidade de recursos a ser reservada em cada nó (por exemplo, taxa de pico versus alocação estatística de recursos);
- RSVP não especifica a forma de roteamento; utiliza os protocolos de roteamento existentes;

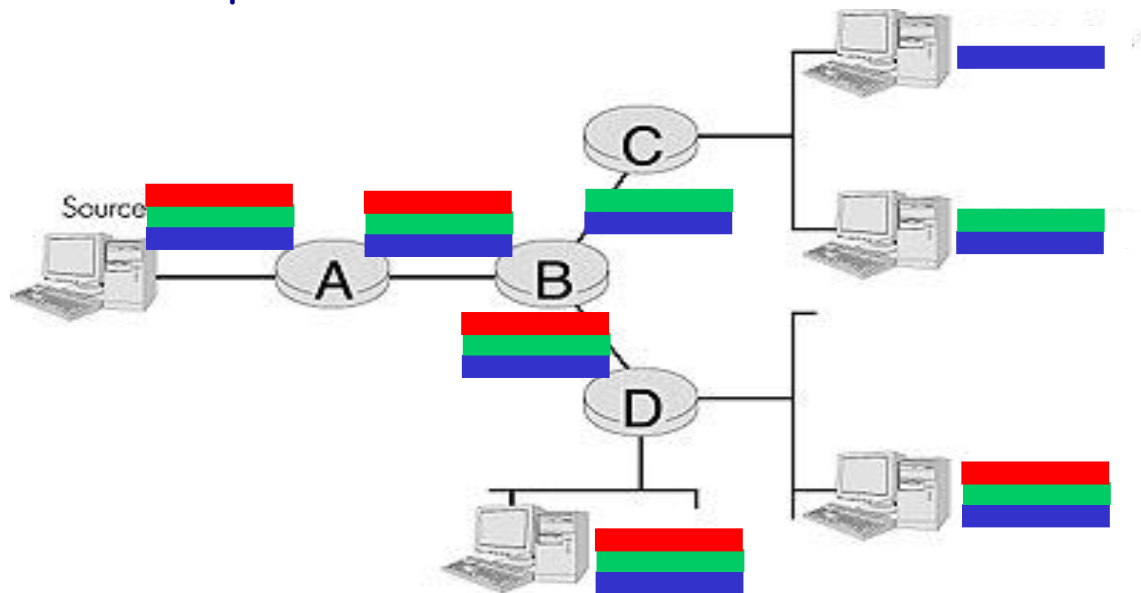
Protocolo RSVP

- A requisição de recursos está sujeita ao controle de admissão em cada nó;
- Em caso de sucesso a requisição é atendida, caso contrário a requisição é rejeitada;
- Emissor: mensagem PATH, no caminho normal de transmissão de dados;
 - ✓ *Path State*: endereço do nó anterior;
- Receptor: mensagem RESV, no caminho reverso;
 - ✓ *Reservation State*: especificação QoS;



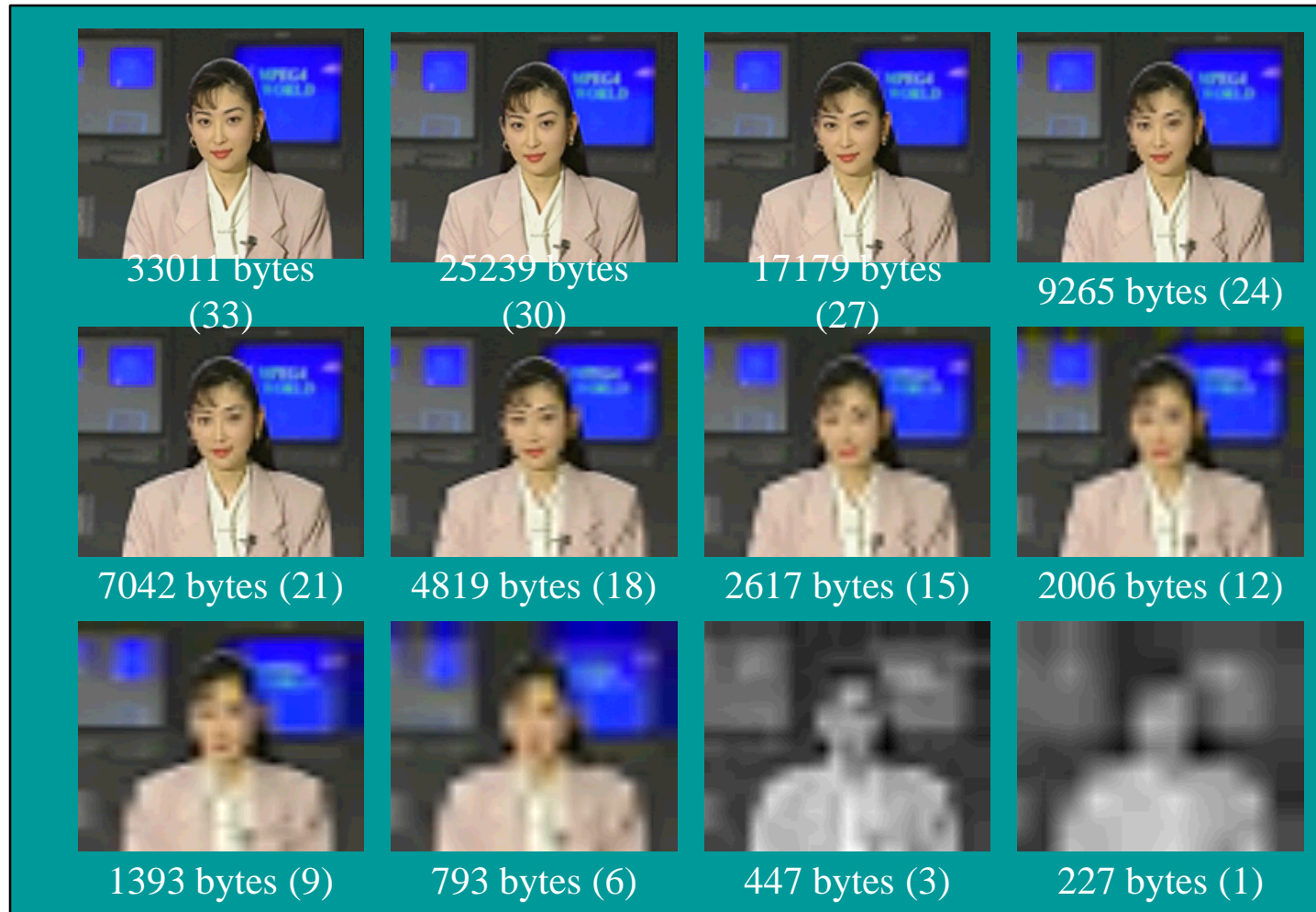
Protocolo RSVP

- **Heterogeneidade:** diferentes receptores possuem diferentes capacidades e desejam receber os dados em diferentes resoluções (diferentes taxas);
- Lidando com heterogeneidade - Áudio e vídeo codificados em camadas:
 - ✓ Camada 1; camada básica;
 - ✓ Camada i : aprimora camada 1 .. $i-1$;



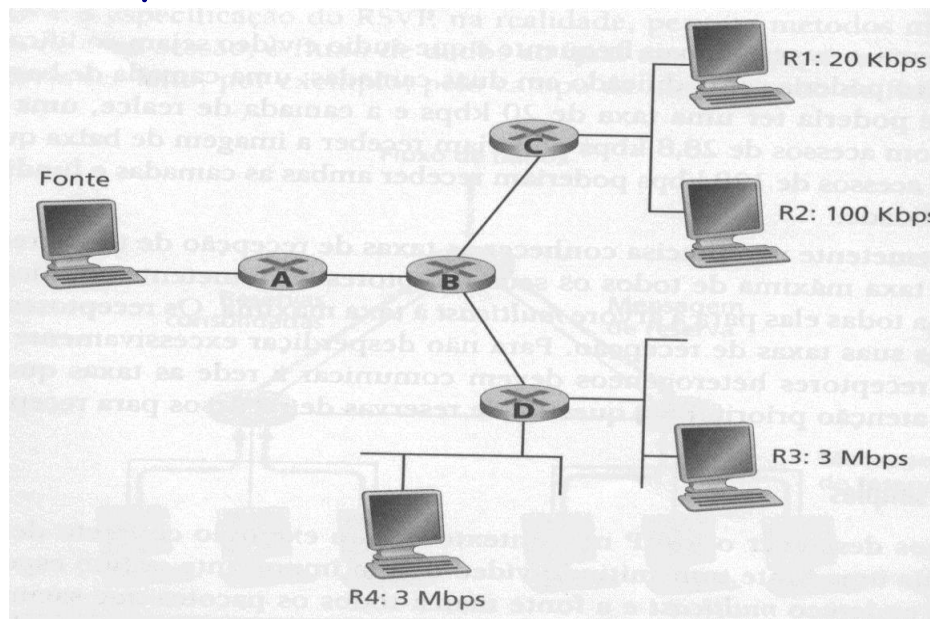
Protocolo RSVP

➤ Vídeo Codificado em Camadas



Protocolo RSVP

- RSVP Agrupamento de Reservas
 - ✓ Roteadores intermediários podem agrupar as requisições de múltiplos receptores de uma mesma sessão;
 - ✓ Mensagens Resv são encaminhadas de acordo com o *path state*;





Roteiro

- Motivação
- Princípios de *Garantia de QoS*;
- Arquitetura *IntServ*,
- Protocolo RSVP;
- *Arquitetura DiffServ*,
- Referências Bibliográficas.



Arquitetura DiffServ

- **QoS** garantida através da **agregação de fluxos**;
- Não define classes de serviço, provê **componentes funcionais** com os quais as classes de serviço podem ser construídas;
- **Reserva** de recursos feita por **classes e não por fluxos**;
- **Complexidade nos roteadores da borda**: Apenas funções simples nos roteadores do núcleo e funções relativamente complexas nos roteadores das extremidades;

Arquitetura DiffServ

➤ Elementos do Modelo:

- ✓ PHB - *Per-Hop Behavior*; regras que definem a forma de classificação, condicionamento e encaminhamento de pacotes de uma mesma classe;
- ✓ SLA - *Service Level Agreement*: um contrato de serviço definido entre o consumidor e um provedor de serviços para especificar o serviço que o consumidor deve receber. Este contrato pode ser estático ou dinâmico;
- ✓ Domínios DS; um conjunto de nós que operam com o mesmo conjunto de políticas de provisionamento e definições de PHB;
- ✓ Roteadores: fronteira, folha, núcleo;



Arquitetura DiffServ

➤ Elementos do Modelo:

✓ Roteadores de fronteira:

- ⇒ Gerenciamento do tráfego por fluxo;
- ⇒ Marca os pacotes como **in-profile** se estiverem de acordo com SLA ou **out-profile** caso contrário;
- ⇒ Tarefas: marcação, policiamento e suavização do tráfego;

✓ Roteadores de núcleo:

- ⇒ Gerenciamento do tráfego por classes;
- ⇒ Tarefas: encaminhamento dos pacotes de acordo com o PHB especificado para a classe particular de pacote;
- ⇒ Escalonamento e gerenciamento de filas baseados na marcação feita nos roteadores de borda;
- ⇒ Preferência dada aos pacotes marcados como **in-profile**;

Arquitetura DiffServ

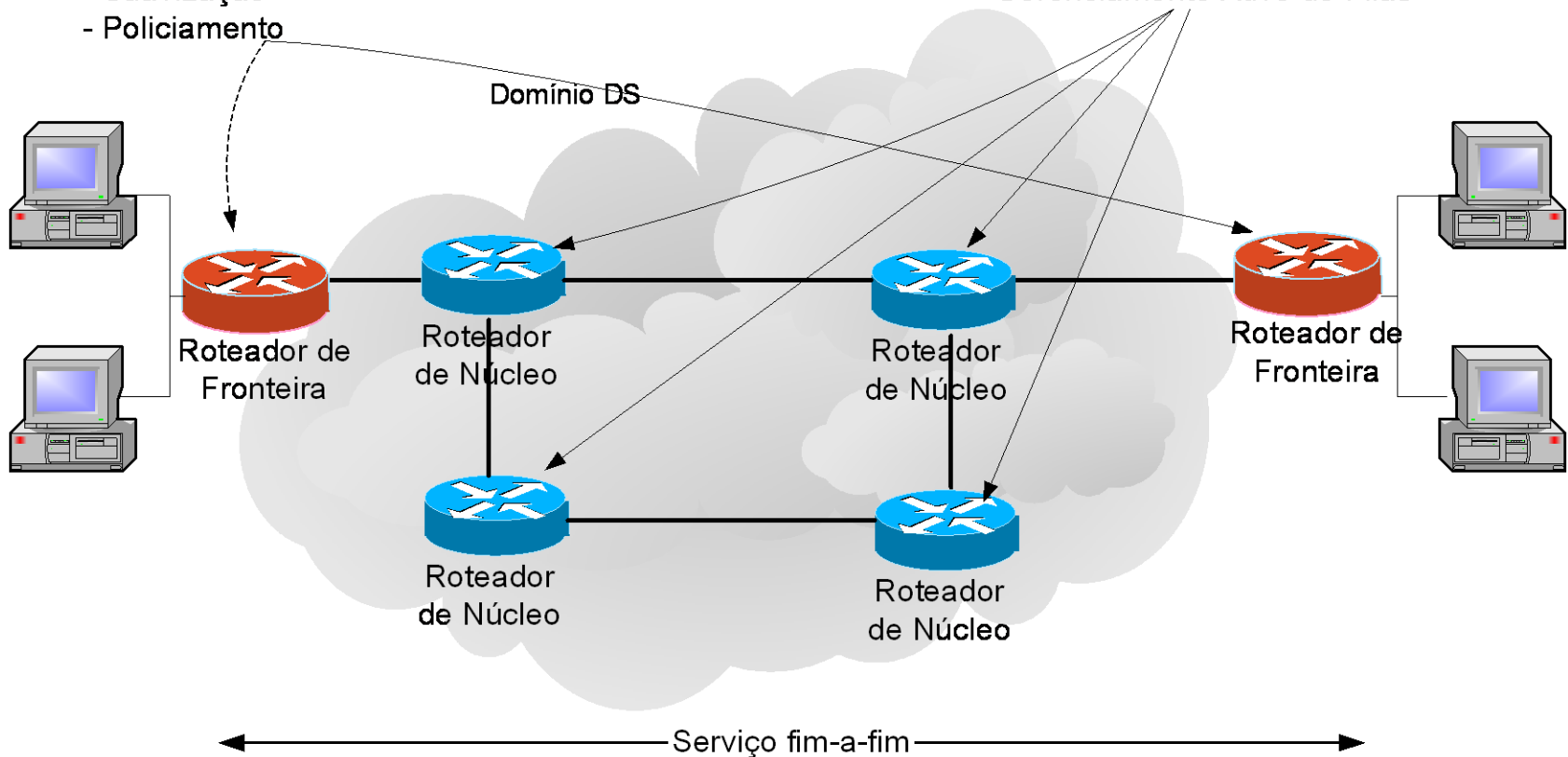
➤ Elementos que constituem um domínio DS na Arquitetura DiffServ;

Mecanismos de Condicionamento de Tráfego

- Marcação de Pacotes
- Suavização
- Policiamento

Tratamento por nó - PHB

- Escalonamento
- Gerenciamento Ativo de Filas



Arquiteturas para Provisão de QoS na Internet

Arquitetura DiffServ

➤ Classificação e Condicionamento:

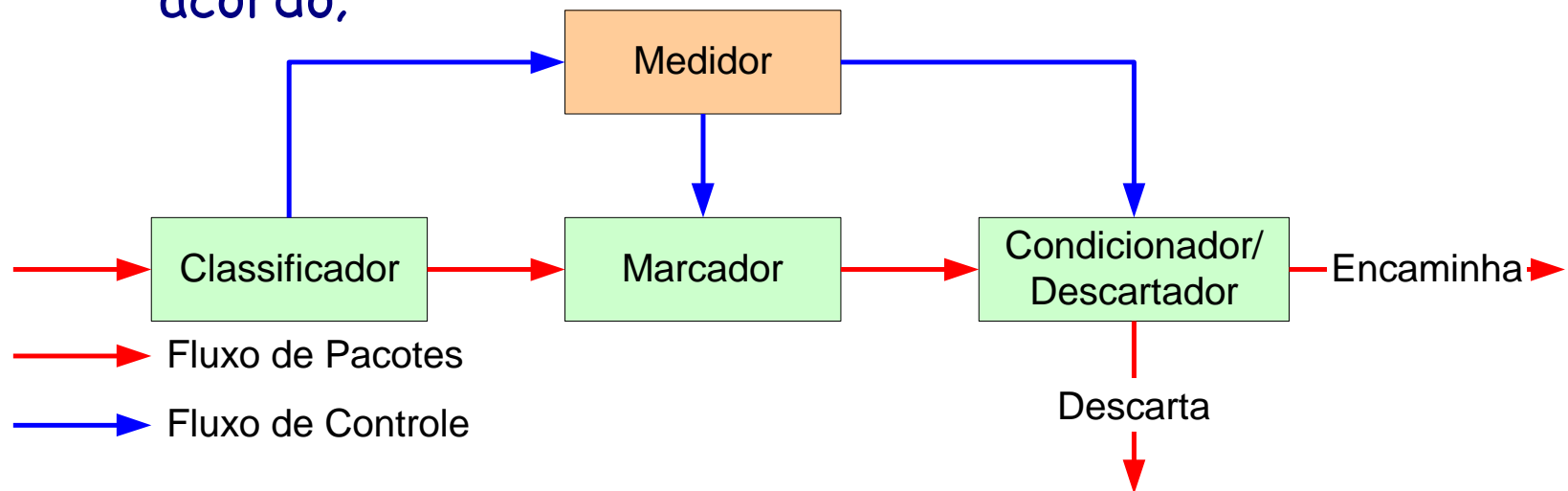
- ✓ O Pacote é marcado no campo de Tipo de Serviço (TOS) em IPv4 e, Classe de Tráfego no IPv6 (DSCP);
- ✓ São usados 6 bits para fornecer a codificação dos Serviços Diferenciados e determinar o PHB que o pacote receberá;
- ✓ No momento há 2 bits que não estão sendo usados (CU);



Arquitetura DiffServ

➤ Classificação e Condicionamento:

- ✓ Pode ser desejável limitar a taxa de injeção de tráfego para alguma classe;
- ✓ O usuário declara o seu perfil de tráfego (ex. taxa e comprimento da rajada);
- ✓ O tráfego é medido e moldado se não estiver de acordo;



Arquitetura DiffServ

➤ Encaminhamento (PHBs):

- ✓ PHB resulta num comportamento de desempenho de encaminhamento diferente observável (mensurável);
- ✓ O PHB não especifica quais os mecanismos a serem usados para garantir o comportamento de desempenho do PHB requisitado;
- ✓ Exemplos:
 - ⇒ Classe A recebe x% da banda do canal dentro de intervalos de tempo de comprimento especificado
 - ⇒ Pacotes da classe A deixam os *buffers* antes dos pacotes da classe B;
- ✓ PHB definidos: *Expedited Forwarding* - EF-PHB e *Assured Forwarding* - AF-PHB;

Arquitetura DiffServ

➤ Classes de Serviço:

- ✓ Consiste na definição dos PHB's que devem ser implementados pelos roteadores para oferecer estes serviços;
- ✓ *Premium Service* - EF-PHB;
 - ⇒ Adequado para aplicações com requisitos explícitos de atrasos e *jitter* e que geram tráfego constante a uma taxa definida, tais como vídeo-conferência ou voz sobre IP;
 - ⇒ O usuário deve especificar no SLA a taxa desejada para um fluxo específico ou para um aglomerado de fluxos e deve se responsabilizar por não exceder este tráfego;
 - ⇒ Controle de admissão e o contrato são feitos baseados na taxa de pico;
 - ⇒ O ISP deve garantir a banda passante definida no SLA quando o tráfego for enviado;



Arquitetura DiffServ

➤ Classes de Serviço:

✓ *Premium Service* - EF-PHB;

- ⇒ Reserva de recursos fim-a-fim similar a *IntServ*;
- ⇒ Algoritmos de escalonamento propositalmente não especificados;
- ⇒ Pacotes de acordo com o especificado em contrato experimentam um atraso mínimo, enquanto os que violam o contrato são descartados;



Arquitetura DiffServ

➤ Classes de Serviço:

✓ *Assured Service* - AF-PHB;

- ⇒ Este serviço não dá garantias de banda passante, mas oferece garantias de que o tráfego é transmitido com confiabilidade e com alta prioridade, mesmo na presença de congestionamento;
- ⇒ O serviço é oferecido através de uma das classes de serviço definidas pelo AF-PHB;
- ⇒ Uma das formas de se implementar este serviço, é classificar os pacotes na entrada do ISP. Os pacotes que estiverem de acordo com o especificado no SLA são denominados pacotes *In* e os que estiverem fora da especificação são denominados pacotes *Out*;
- ⇒ Os pacotes *Out* serão descartados preferencialmente na presença de congestionamento;

Arquitetura DiffServ

➤ Classes de Serviço:

✓ *Olympic Service - AF-PHB;*

- ⇒ Oferece três níveis de serviço: ouro, prata e bronze;
- ⇒ Os pacotes são atribuídos a um destes níveis de tal forma que aos pacotes do tipo "ouro" é atribuído uma fração maior da banda passante que aos do nível "prata" e estes, por sua vez, recebem uma maior fração da banda que os do nível "bronze";
- ⇒ Quando não houver nenhum pacote dos níveis ouro e prata, os pacotes do nível "bronze" podem utilizar toda a banda passante disponível;
- ⇒ Além de garantias de banda passante, podem também ser fornecidos níveis de prioridade de descarte baixo, médio e alto;

PHB

Application Class	PHB	Admission Control	Queing and Dropping	Application Examples
VoIP Telephony	EF	Required	Priority Queue (PQ)	Cisco IP Phones (G.711, G.729)
Broadcast Video	CS5	Required	Optional (PQ)	Cisco IPVS/Cisco Enterprise TV
Realtime Interactive	CS4	Required	Optional (PQ)	Cisco TelePresence
Multimedia Conferencing	AF4	Required	BW Queue + DSCP WRED	Cisco Unified Personal Communicator
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	Cisco WebEx/MeetingPlace/ERP Apps
Bulk Data	AF1		BW Queue + DSCP WRED	Email, FTP, Backup Apps, Content Dist
Best Effort	DF		Default Queue + RED	Default Class
Scavenger	CS1		Min BW Queue (Deferential)	YouTube, iTunes, BitTorrent, Xbox Live



Arquitetura DiffServ

- Gerenciamento Interdomínios DS
 - ✓ Como uma rede com múltiplos domínios DS pode coordenar o provisionamento de recursos entre estes distintos domínios administrativos?
 - ✓ Quando múltiplos domínios DS são oferecidos fim-a-fim, o SLA deve especificar os *profiles* de borda para o tráfego; Estes SLAs são estáticos;
 - ✓ Para uma negociação dinâmica interdomínios DS pode-se usar *Bandwith Broker* (BB):
 - ✓ Um *Bandwith Broker* (BB) age como um agente de gerenciamento de recursos para os seus ISPs;

Arquitetura DiffServ

➤ Gerenciamento Interdomínios DS

✓ Funções básicas de um *Bandwith Broker* (BB):

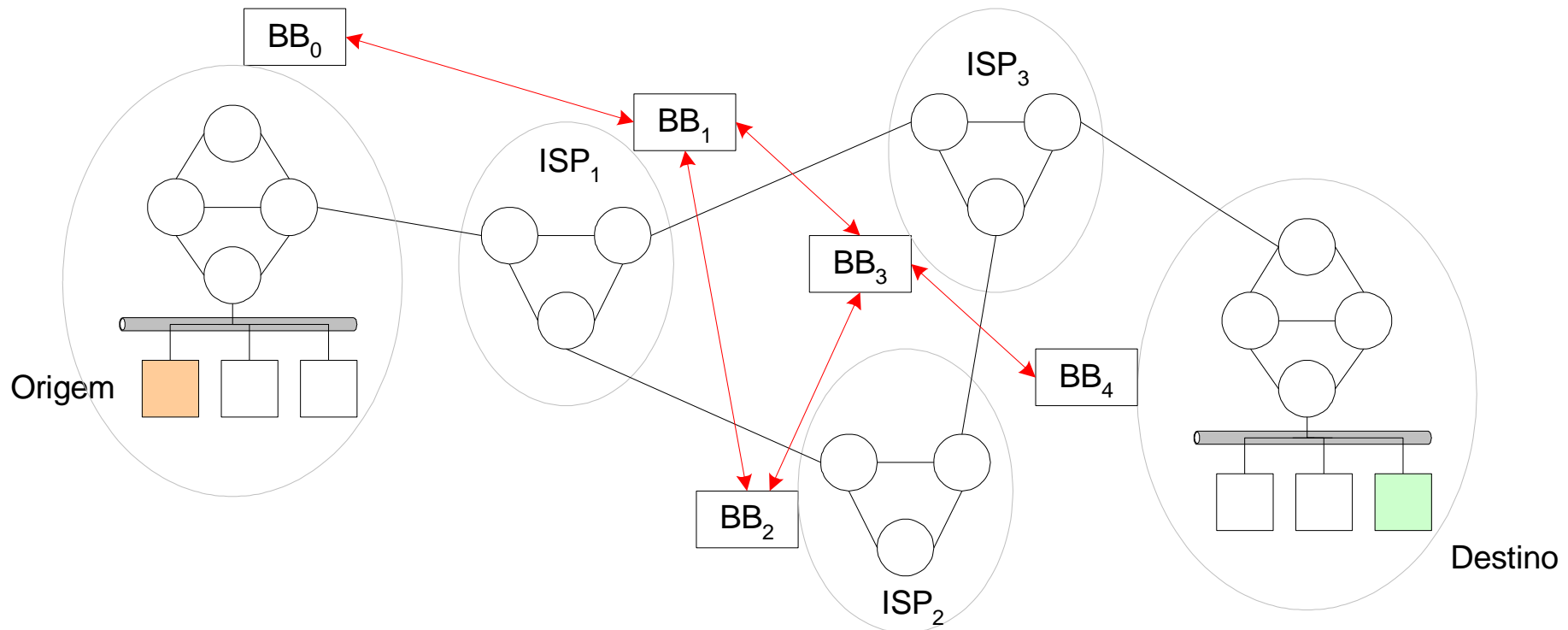
⇒ Controle de Admissão;

⇒ Controle de Políticas: políticas administrativas, de prioridades e políticas de preços podem fazer parte também do processo de controle de admissão;

⇒ Agregação de reservas: ao invés de fazer a reserva de recursos para cada usuário, os BBs podem coletar múltiplas requisições de reserva e fazer uma única solicitação de recursos, o que aumenta a escalabilidade do sistema;

Arquitetura DiffServ

➤ Interdomínios DS





Arquitetura DiffServ

➤ Vantagens

- ✓ Escalável;
- ✓ A complexidade foi trazida para os roteadores nas bordas do domínio;
- ✓ Desvantagem

➤ Desvantagens

- ✓ Os requisitos de QoS não são atendidos com grande precisão;

Arquitetura DiffServ

➤ Comparação de *IntServ* e *DiffServ*,

✓ *IntServ*

- ⇒ Baseia-se na reserva de recursos;
- ⇒ Sinalização fim-a-fim;
- ⇒ WFQ*escalonamento de enlace
- ⇒ Gerenciamento por fluxo;
- ⇒ Complexidade nos nós;
- ⇒ Não é escalável;

✓ *DiffServ*

- ⇒ Não faz reserva de recursos;
- ⇒ Agregação de fluxos;
- ⇒ Complexidade foi trazida para os nós de fronteira;
- ⇒ Políticas de escalonamento não foram definidas
- ⇒ Modelo de serviços mais flexíveis;
- ⇒ É escalável;



Roteiro

- Motivação;
- Princípios de *Garantia de QoS*;
- Arquitetura *IntServ*;
- Protocolo RSVP;
- Arquitetura *DiffServ*;
- Referências Bibliográficas.

Referências Bibliográficas

➤ IntServ e RSVP

✓ RFCs

- ⇒ [RFC 1633] R. Braden, D. Clark, S. Shenker. "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview". June 1994
- ⇒ [RFC 2205] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin. "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1. Functional Specification". September 1997.
- ⇒ [RFC 2208] A. Mankin, Ed., F. Baker, B. Braden, S. Bradner, M. O`Dell, A. Romanow, A. Weinrib, L. Zhang. "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1. Applicability Statement. Some Guidelines on Deployment". September 1997.
- ⇒ [RFC 2209] R. Braden, L. Zhang. "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) -- Version 1. Message Processing Rules". September 1997.
- ⇒ [RFC 2210] J. Wroclawski. "The Use of RSVP with IETF Integrated Services". September 1997.
- ⇒ [RFC 2211] J. Wroclawski. "Specification of the Controlled-Load Network Element Service". September 1997.
- ⇒ [RFC 2212] S. Shenker, C. Partridge, R. Guerin. "Specification of Guaranteed Quality of Service". September 1997.

Referências Bibliográficas

➤ IntServ e RSVP

✓ RFCs

- ⇒ Demais IntServ RFCs: RFC 2213; RFC 2214; RFC 2215; RFC 2216; RFC 2382; RFC 2688; RFC 2689; RFC 2825; RFC 2826; RFC 3006;
- ⇒ Demais RSVP RFCs: RFC 2206; RFC 2207; RFC 2379; RFC 2380; RFC 2382; RFC 2490; RFC 2745; RFC 2746; RFC 2747; RFC 2749; RFC 2750; RFC 2752; RFC 2824; RFC 2872; RFC 2961; RFC 2996; RFC 3097; RFC 3175; RFC 3182; RFC 3209; RFC 3210;

✓ Artigos

- ⇒ L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, and D. Zappala, "RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol" IEEE Network, September 1993.
- ⇒ P. P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A tutorial," IEEE Communication. Magazine, May 1997, pages 100-106.

✓ Páginas Web

- ⇒ <http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html> - Integrated Services (intserv) Charter;
- ⇒ <http://www.isi.edu/div7/rsvp/rsvp.html> - RSVP Project;

Referências Bibliográficas

➤ DiffServ

✓ RFCs

- ⇒ [RFC 2474] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black. "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers". December 1998.
- ⇒ [RFC 2475] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss. "An Architecture for Differentiated Service". December 1998.
- ⇒ [RFC 2597] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski. "Assured Forwarding PHB Group". June 1999.
- ⇒ [RFC 3246] B. Davie, A. Charny, J.C.R. Bennet, K. Benson, J.Y. Le Boudec, W. Courtney, S. Davari, V. Firoiu, D. Stiliadis. "An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behavior)". March 2002.
- ⇒ Demais RFCs: RFC 2836; RFC 2983; RFC 3086; RFC 3140; RFC 3248; RFC 3247; RFC 3260; RFC 3289; RFC 3290;

✓ Artigo

- ⇒ F. Baumgartner, T. Braun, P. Habegger. "Differentiated Services: A New Approach for Quality in the Internet". Proc. of the 8th IFIP Conference on High Performance Networking - HPN'98, September 1998.

Referências Bibliográficas

➤ DiffServ

✓ Páginas Web

- ⇒ <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html> - Differentiated Services (diffserv) Charter;
- ⇒ http://www.rp.csiro.au/~mminhazu/dif_serv.html ou http://www.eecs.umich.edu/~jamjoom/refs/dif_serv.html - Munezb's DiffServ Page;
- ⇒ <http://diffserv.sourceforge.net/> - Differentiated Services on Linux;
- ⇒ http://kabru.eecs.umich.edu/qos_network/diffserv/DiffServ_Ref.html - DiffServ References List;
- ⇒ <http://www4.ncsu.edu/~kwu/diffserv/qosref.html> - Links and information about Diffserv and RSVP;

➤ IntServ e Diffserv

✓ RFC

- ⇒ [RFC 2998] Y. Bernet, P. Ford, R. Yavatkar, F. Baker, L. Zhang, M. Speer, R. Braden, B. Davie, J. Wroclawski, E. Felstaine. "A Framework for Integrated Services Operation over Diffserv Networks". November 2000.

Referências Bibliográficas

➤ Gerais QoS

✓ Páginas Web

- ⇒ <http://qos.ittc.ukans.edu/> -IP QoS Page;
- ⇒ http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/refs/ipqs_ref.htm - Quality of Service over IP: References;
- ⇒ http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/refs/ipq_book.htm -Books on Quality of Service over IP;
- ⇒ <http://www.info.fundp.ac.be/~obo/QoS/biblio/> -Short bibliography on QoS and traffic control in IP networks;
- ⇒ <http://www.employees.org/~ferguson/QoS.html> -Quality of Service: Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks;
- ⇒ <http://www.nwfusion.com/research/qos.html> - Net Resources: QoS;