

Além do melhor esforço

Redes Multimídia

Prof. Emerson Ribeiro de Mello

Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC
campus São José
mello@ifsc.edu.br

25 de agosto de 2011



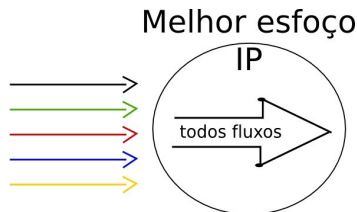
- ① Além do melhor esforço
- ② Serviços Integrados
- ③ Serviços Diferenciados – DiffServ



- ① Além do melhor esforço
- ② Serviços Integrados
- ③ Serviços Diferenciados – DiffServ

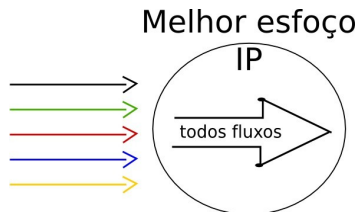


- A Internet opera com o **melhor esforço**
 - Os pacotes serão encaminhados da melhor maneira possível
 - Não existe distinção entre pacotes de uma aplicação para troca de dados (FTP) e pacotes de uma aplicação multimídia (VoIP)



Além do melhor esforço

- A Internet opera com o **melhor esforço**
 - Os pacotes serão encaminhados da melhor maneira possível
 - Não existe distinção entre pacotes de uma aplicação para troca de dados (FTP) e pacotes de uma aplicação multimídia (VoIP)



Como a Internet poderia evoluir para atender aplicações interativas?



Possíveis soluções: Abordagem conservadora

- Continuamos com a mesma arquitetura IP (melhor esforço)
- Largura de banda será infinita
- Engenharia de tráfego
- Adaptação das aplicações para lidar com os problemas da rede
 - Uso de *buffers*, indução do atraso inicial, codecs robustos, etc
- A priorização simples de pacotes é suficiente
 - Prioridade no encaminhamento dos pacotes de aplicações interativas



- Habilidade de controlar fluxos na rede
 - Otimização dos recursos disponíveis, desviando parte do tráfego do caminho de roteamento por caminhos menos congestionados
- Objetivos em redes IP
 - Evitar o congestionamento na rede
 - Aproveitar recursos disponíveis e ociosos
 - Adaptar-se as condições de tráfego da rede



Possíveis soluções: Abordagem progressista

- Sempre haverá falta de recursos
 - Quanto maior a oferta, maior será a procura
- A arquitetura da rede deve evoluir
 - Protocolos de transporte não bastam
- Rede deverá fornecer serviços preferenciais
 - atraso, taxa de transmissão
 - E se todas as aplicações forem prioritárias, quem terá mais prioridade?



Possíveis soluções: Abordagem progressista

- Sempre haverá falta de recursos
 - Quanto maior a oferta, maior será a procura
- A arquitetura da rede deve evoluir
 - Protocolos de transporte não bastam
- Rede deverá fornecer serviços preferenciais
 - atraso, taxa de transmissão
 - E se todas as aplicações forem prioritárias, quem terá mais prioridade?

Abordagens de QoS

Serviços Integrados e Serviços Diferenciados



- **Integração**
 - Estados de QoS devem ser configurados e mantidos fim a fim de forma integrada e em todas as camadas de uma arquitetura de QoS
- **Separação das responsabilidades**
 - As atividades de transferência de dados, controle e gerência são atividades distintas dentro de uma arquitetura de QoS
- **Transparência**
 - A complexidade existente nas subcamadas de especificação e gerência de QoS deve ser ocultada das aplicações



- ① Além do melhor esforço
- ② Serviços Integrados
- ③ Serviços Diferenciados – DiffServ



- Novas estações de trabalho estão saindo com equipamentos multimídia e assim aplicações sofisticadas para troca de áudio e vídeo estão sendo desenvolvidas
- Difusão seletiva ainda não está disponível amplamente nos roteadores comerciais
- Os experimentos realizados comprovaram que a Internet não está apta a lidar com tais aplicações
 - variação de atrasos (filas nos roteadores) e congestionamentos (perdas de pacotes)
- **A infra-estrutura da Internet tem que mudar para prover suporte à QoS para aplicações interativas**



- Operadores das redes estão desejando também formas para controlar o **compartilhamento da banda** de um determinado enlace para diferentes tipos de tráfego
 - Desejam atribuir um percentual mínimo da largura de banda, que seria garantindo mesmo diante de uma sobrecarga na rede
 - **Tipos de tráfego** poderiam representar grupos de usuários ou diferentes famílias de protocolos



- Operadores das redes estão desejando também formas para controlar o **compartilhamento da banda** de um determinado enlace para diferentes tipos de tráfego
 - Desejam atribuir um percentual mínimo da largura de banda, que seria garantindo mesmo diante de uma sobrecarga na rede
 - **Tipos de tráfego** poderiam representar grupos de usuários ou diferentes famílias de protocolos

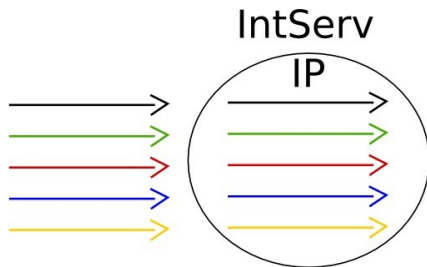
Serviços Integrados

Trata-se de um modelo de serviço de Internet que inclui serviço de melhor esforço, serviço de tempo real e controle sobre o compartilhamento do enlace



- Permite que a **aplicação sinalize** explicitamente **para a rede** a necessidade de garantia de serviço
- Baseia-se na reserva antecipada de recursos, **mantendo o estado** do fluxo em **todos os roteadores** por onde os pacotes irão passar
 - largura de banda, atraso e variação de atraso
- A Qualidade de Serviço é provida por fluxo individualizado
 - É como se criasse um enlace dedicado fim a fim sobre a atual infra-estrutura da Internet





- **Controle de admissão**
 - Verifica se a rede pode conceder o serviço solicitado
- **Mecanismo de encaminhamento de pacotes**
 - Responsável por classificar, escalonar e gerenciar as filas nos roteadores
- **Protocolo de reserva de recursos nos roteadores**
 - *Resource ReSerVation Protocol* – RSVP



- Protocolo destinado a comunicar a reserva de recursos em redes IP
- Pode ser usado por roteadores ou pontos finais (p.e. computadores)
 - Nível de QoS desejado para o fluxo de dados de uma aplicação
- Cria-se caminhos lógicos por onde os pacotes de uma determinada aplicação irão trafegar
 - Apesar disso parecer ser tarefa dos protocolos de roteamento
 - Não é um protocolo de roteamento, mas foi projetado para atuar em conjunto com estes
- RSVP foi projetado para gerenciar fluxos de dados
 - Protocolos de roteamento foram projetados para tomada de decisões para cada datagrama



Fluxos de dados RSVP

- Com o RSVP, um **fluxo de dados** consiste em uma sequência de datagramas que possuem a mesma origem, mesmo destino e qualidade de serviço
- **Sessões RSVP** podem ser descritas como um fluxo de datagramas unidirecional específico a uma máquina e a um protocolo de transporte
 - Sessões são identificadas por endereço de destino, ID do protocolo e porta
 - Sabendo que um destino pode ser uma ou mais máquinas físicas, o RSVP provê suporte a difusão ponto a ponto (*unicast*) e difusão seletiva (*multicast*)

Uma troca de dados bidirecional entre um par de máquinas consite na verdade em **duas sessões** RSVP unidirecionais



- Requisitos de QoS são informados através de uma **especificação de fluxo**
 - Descreve o nível de serviço requerido pela fluxo: atraso, taxa de perdas, etc.
- Essa descrição assume um dos três tipos de tráfego:
 - Melhor esforço
 - Sensível a taxa de transmissão
 - Sensível ao atraso



- **Melhor esforço**
 - Aplicações requerem confiabilidade na entrega dos datagramas, sem se preocupar com o tempo para entrega. Email, FTP, etc.



- **Melhor esforço**
 - Aplicações requerem confiabilidade na entrega dos datagramas, sem se preocupar com o tempo para entrega. Email, FTP, etc.
- **Sensível a taxa de transmissão**
 - Requerem garantias para a taxa de transmissão da origem até o destino
 - A taxa de codificação de uma aplicação VoIP é constante (ou quase) e requer uma taxa de transmissão constante pela rede IP



- **Melhor esforço**

- Aplicações requerem confiabilidade na entrega dos datagramas, sem se preocupar com o tempo para entrega. Email, FTP, etc.

- **Sensível a taxa de transmissão**

- Requerem garantias para a taxa de transmissão da origem até o destino
- A taxa de codificação de uma aplicação VoIP é constante (ou quase) e requer uma taxa de transmissão constante pela rede IP

- **Sensível ao atraso**

- O tráfego requer um pontualidade para entrega e esta varia de acordo com a taxa de geração do mesmo
- Um vídeo codificado com MPEG-II tem uma taxa que varia de 3 a 7 Mbps, dependendo da dinâmica da cena em questão
 - É composto por quadros principais (1 ou 2) e quadros delta (de 13 a 28)
 - Quadros principais descrevem toda a cena, quadros delta descrevem as mudanças de um quadro principal
 - Quadro Delta é bem menor que o quadro principal



Iniciando uma sessão RSVP

- O RSVP faz uso de duas mensagens para estabelecer uma sessão
 - PATH.** estabelece o caminho por onde passarão os pacotes do fluxo de dados
 - RESV.** para reservar os recursos desejados pela aplicação
 - As mensagens RESV seguem o caminho definido pelas mensagens PATH
- Um nó ao receber uma mensagem RESV
 - Encaminha mensagem RESV ao próximo nó, se conseguir atender os requisitos
 - Envia uma mensagem de erro (RESVERROR), caso contrário
- Os erros podem ser
 - Erros de caminho (caminho ambíguo)
 - Erros de reserva
 - Falha de admissão (solicitante sem permissão para fazer reserva)
 - Banda indisponível, não provê suporte ao serviço ou má especificação do fluxo

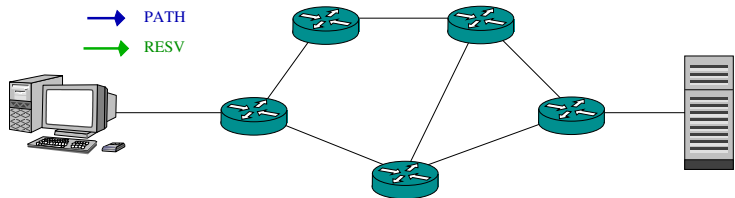


Iniciando uma sessão RSVP

Os passos para iniciar uma sessão RSVP são:

- 1 Receptores ingressam em grupos de difusão seletiva
 - Utilizando o *Internet Group Membership Protocol* (IGMP)
- 2 Emissor inicia a sessão enviando mensagens PATH para os endereços IP destino
- 3 A aplicação nos receptores recebe a mensagem PATH e então envia a mensagem RESV
- 4 O emissor inicia o envio de pacotes assim que recebe a mensagem de reserva (RESV)

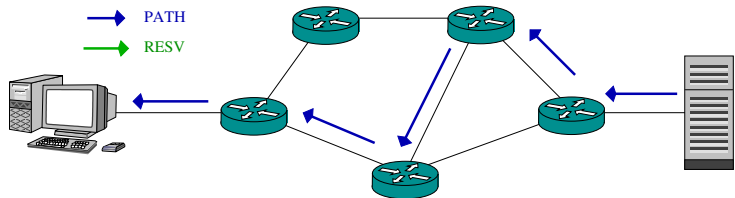




- Aplicação no servidor invoca o *daemon* RSVP na mesma máquina



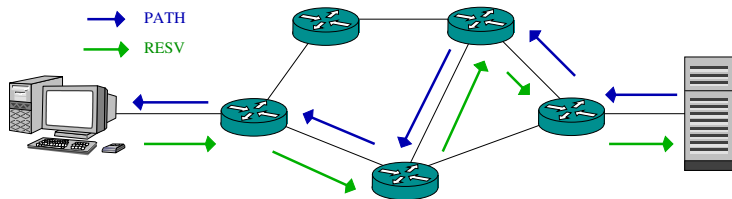
Reserva RSVP



- *Daemon* RSVP envia a mensagem PATH que é encaminhada para o próximo roteador
- Cada roteador no caminho cria uma sessão para a reserva em questão



Reserva RSVP



- A máquina cliente ao receber a mensagem PATH consulta seu *daemon* RSVP e pede pela reserva
- *Daemon* RSVP gera mensagem RESV que é encaminhada para o próximo roteador
- Cada roteador faz de fato a reserva de recurso



RSVP: Manutenção do estado

- RSVP é referenciado como *soft state*, pois o estado da reserva nos roteadores e nos pontos finais devem ser atualizados para manter a reserva
 - A atualização ocorre de forma periódica através de mensagens PATH e RESV
 - Se não receber uma mensagem antes do tempo expirar, o estado é apagado
- O estado também pode ser excluído através de uma mensagem de finalização de reserva
- Quando ocorre alteração de rotas, uma nova mensagem PATH é gerada para iniciar os estados nessa nova rota



Dificuldades com o IntServ

- Requer novos aplicativos nos roteadores e nos pontos finais para fazer a reserva fim a fim
- A Internet é um ambiente de larga escala e os roteadores do núcleo da rede poderão ficar sobrecarregados
- Os roteadores terão que manter o estado de controle e encaminhamento de todos os fluxos que passam por este

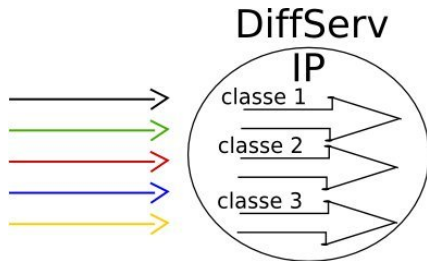


- ① Além do melhor esforço
- ② Serviços Integrados
- ③ Serviços Diferenciados – DiffServ



- Proposta IETF, RFC 2474 lançada em 1998
- O **IntServ** opera com fluxos individuais, o **DiffServ** agrega diversos fluxos em um número reduzido de **classes**
 - Possível operar em ambientes de larga escala
- Não existe alocação explícita de recursos
- Priorização dos fluxos se faz através da análise do **cabeçalho IP**
- Pode-se afirmar que esta abordagem posiciona-se entre os extremos do melhor esforço e Serviços Integrados





- A separação dos fluxos de dados em classes se assemelha a disposição dos passageiros de um voo comercial



- A separação dos fluxos de dados em classes se assemelha a disposição dos passageiros de um voo comercial
- **Primeira classe**
 - É caro estar aqui, porém é bem confortável
 - Possui poucos assentos



- A separação dos fluxos de dados em classes se assemelha a disposição dos passageiros de um voo comercial
- **Primeira classe**
 - É caro estar aqui, porém é bem confortável
 - Possui poucos assentos
- **Classe executiva**
 - Nem tão caro quanto a primeira, mas ainda assim oferece conforto
 - Também possui poucos assentos



- A separação dos fluxos de dados em classes se assemelha a disposição dos passageiros de um voo comercial
- **Primeira classe**
 - É caro estar aqui, porém é bem confortável
 - Possui poucos assentos
- **Classe executiva**
 - Nem tão caro quanto a primeira, mas ainda assim oferece conforto
 - Também possui poucos assentos
- **Classe econômica**
 - A mais barata, logo conforto quase que nenhum
 - Agradeça se você conseguir embarcar, pois as empresas costumam vender mais bilhetes do que o número real de assentos
 - A maioria dos assentos do voo estão nesta classe



- **Domínios**

- Conjunto contínuo de nós DiffServ e que aplicam um conjunto comum de políticas de encaminhamento
- Pode ser estendido por diversos domínios – Acordo de Nível de Serviço (*Service Level Agreement* – SLA)

- **Roteadores de borda**

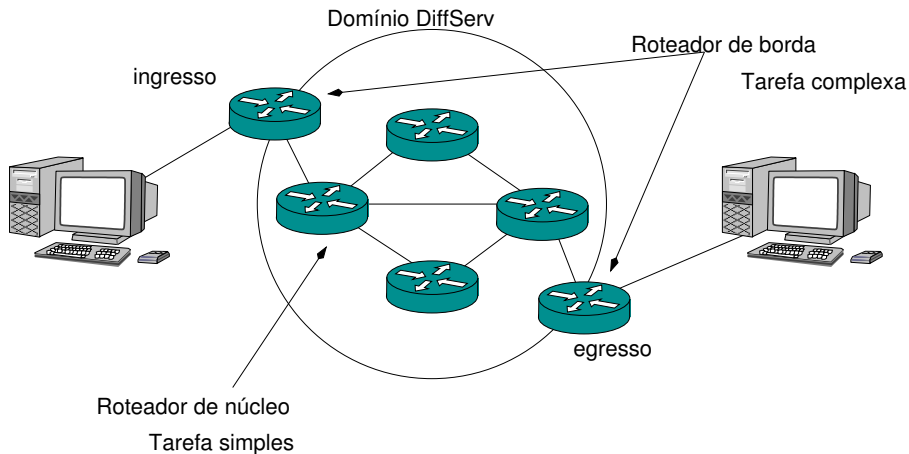
- Situados entre os domínios administrativos e é por ele que todos os fluxos passam antes de entrar ou sair do domínio DiffServ
- **Funções:** classificação de pacotes e condicionamento de tráfego
- O fluxo é tratado de forma individual (tarefa complexa)

- **Roteadores de núcleo**

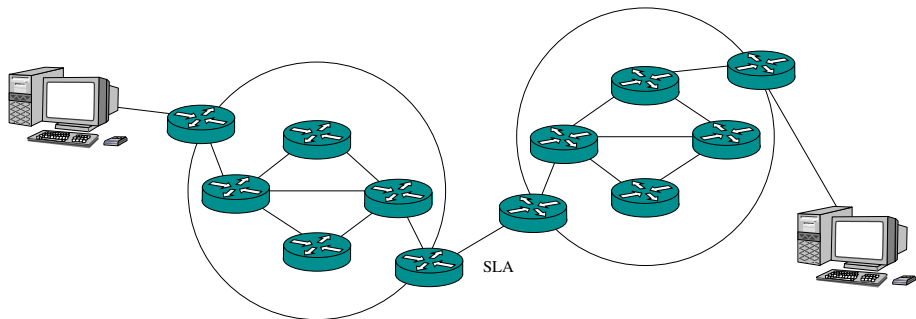
- Situados no núcleo do domínio, encaminham os pacotes de acordo com a classificação que estes recebem quando ingressam no domínio
- Funções: Encaminhamento de pacotes
- O fluxo é tratado de forma agregada (classes) – tarefa simples



Elementos que compõem o DiffServ



Domínios DiffServ – SLA



Papéis dos roteadores de borda

- Responsáveis por classificar e condicionar o tráfego entrante
- Garante que no domínio só transitarão pacotes que estejam de acordo com a política de QoS do domínio
 - Pacotes de acordo com a política serão marcados e encaminhados para os roteadores de núcleo
 - Fluxos individuais passam a ser fluxos agregados
 - Pacotes que estiverem em desacordo poderão ser atrasados ou mesmo descartados para respeitar a política de QoS



- O cabeçalho IP dos pacotes são analisados para que estes possam ser classificados pelos roteadores de borda
 - Campo **tipo de serviço** (TOS do IPv4) ou **tipo de tráfego** (*Traffic Class* do IPv6)
- Existem dois tipos de classificadores

Comportamento agregado. Basea-se na marcação DiffServ feita previamente – uma coleção de fluxos com uma mesma marcação. (*Behavior Aggregate* – BA)

Multi campo. Analisa outros campos do cabeçalho IP (endereços de origem, destino, porta, ID do protocolo). (Multi Field – MF)



Condicionamento de tráfego

O condicionamento é feito através da medição e após isso pode ser feito a marcação, formatação ou descarte do pacote

Medidor. Avalia as propriedades temporais de um fluxo, comparando com o perfil de tráfego acordado. Três tipos de ações, e a combinação destas, podem ser tomadas

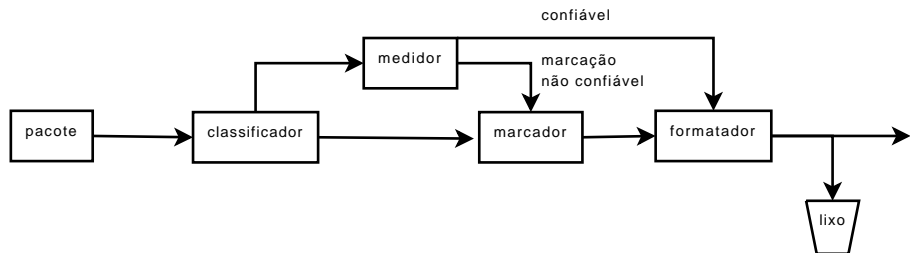
Marcador. Insere código DiffServ no cabeçalho IP. Serve para alterar o código de um pacote já marcado

Formatador. Atrasa pacotes de um fluxo para torná-lo compatível com o perfil acordado

Descartador. Semelhante ao formatador, contudo pacotes de um fluxo são descartados



Condicionalamento de tráfico



- Se faz através de um **código DiffServ** (*DS Code Point – DSCP*)
- É feita no campo TOS do IPv4 e no *Traffic Class* do IPv6
 - Tem o tamanho de 8 Bits
- Somente os **6** primeiros bits do campo TOS são usados, denominado **DS**
 - Atualmente os 2 bits finais não possuem uso e estão reservados



- Indica como diferentes classes de tráfego receberão tratamento diferenciado em um nó (roteador)
 - Compara a marcação contida no **DS** com os comportamentos definidos no domínio DiffServ
- Os PHBs devem ser especificados
 - Em termos de prioridade de recursos (largura de banda, tamanho dos *buffers*)
 - Baseado em observações das características do tráfego (taxa de perda, atrasos)



Comportamento por salto – *Per-hop behaviour* – PHB

É possível definir 64 valores distintos para o PHB, ou seja, 64 classes de tráfego, mas três classes são geralmente usadas

PHB padrão. Semelhante ao melhor esforço. Quando não há acordo estabelecido, assume-se este comportamento

PHB EF (*Expedited Forwarding*). Como uma linha dedicada com baixa perda e baixa latência

PHB AF (*Assured Forwarding*). Apresenta garantias de entrega diante de certas circunstâncias

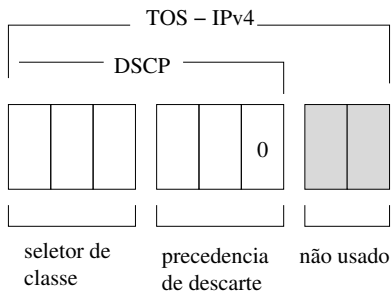


PHB AF (Assured Forwarding)

- São definidas quatro classes com diferentes níveis de garantia de encaminhamento
- Cada classe possui três níveis de precedência de descarte
 - baixa, média, alta
- A cada classe é garantida uma quantidade mínima de largura de banda e de área de armazenamento temporário
- Emula uma rede como pouca carga mesmo diante de congestionamentos



PHB AF (Assured Forwarding)



Precedência de descarte	AF1	AF2	AF3	AF4
baixa	001 010	010 010	011 010	100 010
média	001 100	010 100	011 100	100 100
alta	001 110	010 110	011 110	100 110



Várias aplicações estão competindo pelo recurso

- Os pacotes das aplicações VoIP são marcados com AF4, a classe de maior prioridade. Outro fluxo VoIP é marcado com AF3. Por fim dois fluxos FTP são marcados para as classes AF2 e AF1.
 - A competição ocorre então entre aplicações e dentro de cada classe
 - Dentro da classe a competição é resolvida através da precedência de descarte
- Quando um novo pacote chega a fila para a classe AF4



Várias aplicações estão competindo pelo recurso

- Os pacotes das aplicações VoIP são marcados com AF4, a classe de maior prioridade. Outro fluxo VoIP é marcado com AF3. Por fim dois fluxos FTP são marcados para as classes AF2 e AF1.
 - A competição ocorre então entre aplicações e dentro de cada classe
 - Dentro da classe a competição é resolvida através da precedência de descarte
- Quando um novo pacote chega a fila para a classe AF4
 - Se a taxa de ocupação > 90 , então descarta o pacote



Várias aplicações estão competindo pelo recurso

- Os pacotes das aplicações VoIP são marcados com AF4, a classe de maior prioridade. Outro fluxo VoIP é marcado com AF3. Por fim dois fluxos FTP são marcados para as classes AF2 e AF1.
 - A competição ocorre então entre aplicações e dentro de cada classe
 - Dentro da classe a competição é resolvida através da precedência de descarte
- Quando um novo pacote chega a fila para a classe AF4
 - Se a taxa de ocupação > 90 , então descarta o pacote
 - Se a taxa for > 75 e < 90 aceita apenas pacotes marcados para AF41



Várias aplicações estão competindo pelo recurso

- Os pacotes das aplicações VoIP são marcados com AF4, a classe de maior prioridade. Outro fluxo VoIP é marcado com AF3. Por fim dois fluxos FTP são marcados para as classes AF2 e AF1.
 - A competição ocorre então entre aplicações e dentro de cada classe
 - Dentro da classe a competição é resolvida através da precedência de descarte
- Quando um novo pacote chega a fila para a classe AF4
 - Se a taxa de ocupação > 90 , então descarta o pacote
 - Se a taxa for > 75 e < 90 aceita apenas pacotes marcados para AF41
 - Se a taxa for > 50 e < 75 , aceita pacotes para AF41 e AF42



Várias aplicações estão competindo pelo recurso

- Os pacotes das aplicações VoIP são marcados com AF4, a classe de maior prioridade. Outro fluxo VoIP é marcado com AF3. Por fim dois fluxos FTP são marcados para as classes AF2 e AF1.
 - A competição ocorre então entre aplicações e dentro de cada classe
 - Dentro da classe a competição é resolvida através da precedência de descarte
- Quando um novo pacote chega a fila para a classe AF4
 - Se a taxa de ocupação > 90 , então descarta o pacote
 - Se a taxa for > 75 e < 90 aceita apenas pacotes marcados para AF41
 - Se a taxa for > 50 e < 75 , aceita pacotes para AF41 e AF42
 - Se a taxa for < 50 então aceita AF41, AF42 e AF43



Comparativo entre IntServ e DiffServ

	IntServ	DiffServ
granularidade	fluxos individuais	fluxos agregados
manutenção do estado	por fluxo	por agregado
tipo de diferenciação dos serviços	determinística ou estatística	garantia absoluta ¹ ou proporcional ²
coordenação	fim a fim	local (por salto)
escalabilidade	limitada pelo número de fluxos	limitada pelo número de classes de serviços
sinalização	características de fluxos ou requisitos de QoS	conversão das classes

¹Existência de níveis de serviços fixos, estáticos. Ignora a carga submetida a classe.
Classes inferiores podem não ser atendidas

²Enfileiramento justo ponderado (WFQ)





Cisco Systems Inc.

Internetworking Technologies Handbook - 4th edition

Cisco Press, 2003



James F. Kurose and Keith W. Ross

Redes de computadores e a Internet: Uma abordagem top-down, 3ª edição

Addison-Wesley, 2005.

